



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG IBIS
STYLES HOTEL TANAH ABANG JAKARTA PUSAT
DENGAN METODE *FLAT SLAB***

GREGORIUS AUDIMAS
NRP. 03111440000138

Dosen Pembimbing I
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Bambang Piscesa, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG IBIS
STYLES HOTEL TANAH ABANG JAKARTA PUSAT
DENGAN METODE *FLAT SLAB***

GREGORIUS AUDIMAS
NRP. 03111440000138

Dosen Pembimbing I
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Bambang Pisceasa, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**MODIFICATION IN STRUCTURAL *DESIGN* OF IBIS
STYLES HOTEL TANAH ABANG JAKARTA PUSAT
WITH *FLAT SLAB* METHOD**

GREGORIUS AUDIMAS
NRP. 03111440000138

Academic Supervisor I
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D.

Academic Supervisor II
Bambang Piscesa, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

**MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG
IBIS STYLES HOTEL TANAH ABANG JAKARTA PUSAT
DENGAN METODE *FLAT SLAB***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

GREGORIUS AUDIMAS
NRP. 03111440000138

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. **Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D**
2. **Bambang Piscesa, S.T.,M.T.**



SURABAYA, Juli 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG IBIS STYLES HOTEL TANAH ABANG JAKARTA PUSAT DENGAN METODE *FLAT SLAB*

Nama Mahasiswa : Gregorius Audimas
NRP : 03111440000138
Departemen : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D.
Bambang Piscesa, S.T., M.T.

Abstrak

Gedung Ibis Style Hotel tanah abang merupakan Gedung yang difungsikan sebagai tempat hunian sementara bagi orang-orang yang singgah di Jakarta. Gedung Ibis Style hotel Tanah Abang merupakan bangunan 19 lantai. Gedung ini dibangun dengan metode co ditempat sehingga memerlukan waktu pengerjaan yang relative lama karena harus menunggu kekuatan beton mencapai kekuatan tertentu.

Karena lokasi pembangunan yang berletak di sekitar Jakarta yang merupakan tempat yang ramai akan aktifitas masyarakat membuat pembangunan harus dilaksanakan dengan cepat agar tidak mengganggu aktifitas masyarakat sekitar. Oleh karena itu pada perancangan kali ini akan direncanakan dengan metode flat slab, Karena flat slab tidak perlu memasang bekisting balok dan dapat mempercepat pemasangan utilitas dan kelistrikan. Flat slab merupakan sistem pelat lantai dua arah yang memikul beban gravitasi langsung ke kolom tanpa terdistribusi ke arah tributari dari balok panelnya. Namun flat slab memiliki kelemahan yaitu kurang mampu menahan gaya gempa oleh karena itu pada perancangan ini keseluruhan gaya geser yang diakibatkan oleh gaya gempa akan diterima oleh shear wall.

Dalam tugas akhir ini, secara keseluruhan direncanakan dengan Sistem Rangka Gedung (SRG) dengan struktur beton khusus karena dalam perancangannya bangunan ini terletak

pada zona gempa tinggi sehingga seluruh beban lateral akan dipikul oleh dinding struktur yang telah tercantum pada SNI 03-1726-2012 yang membatasi penggunaan struktur flat slab lebih spesifik.

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan didapatkan ringkasan bahwa rangka utama gedung mampu menahan beban lateral arah X dan Y yang masing-masing arah sebesar 5.74% dan 8.55% sehingga syarat Sistem Rangka Gedung terpenuhi.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu tebal flat slab 30 cm, dimensi drop panel 300x300x10 cm, dimensi balok tepi 40/70 cm, dimensi kolom lantai 1-19 adalah 100 x 100 cm dengan f'c yang berbeda, tebal shearwall 50 cm dan terdapat 3 tipe. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang spun pile 60 cm dengan kedalaman 30 m.

Kata Kunci : Beton Bertulang, Flat slab, Drop Panel, Shear wall

MODIFICATION IN STRUCTURAL DESIGN OF IBIS STYLES HOTEL TANAH ABANG JAKARTA PUSAT WITH *FLAT SLAB* METHOD

Name : Gregorius Audimas
NRP : 03111440000138
Departement : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Supervisor : Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D.
Bambang Piscesa, S.T., M.T.

Abstract

Ibis Style Hotel Tanah Abang is a building that functioned as a temporary shelter for people who visit Jakarta. Ibis Style Hotel Tanah Abang is a building with 19 floor. This building is built with cast in situ method so it needs a lot of time of workmanship because it has to wait until the concrete reaches a certain strength.

Due to the construction location that located around Jakarta which is a crowded place makes the construction should be implemented quickly so it will not disrupt the activities of surrounding communities. Therefore in this final project, the building will be design with flat slab method, Because flat slab does not need to install the formwork of beams and can accelerate the installation of utilities and electricity. Flat slab is a two-way floor plates system that carries a gravity load directly to the column without being distributed toward the tributary of the panel beam. However flat slab has a weakness that is less able to withstand earthquake forces therefore in this design the overall shear force caused by the force of the earthquake will be accepted by the shear wall.

In this final project, most of building construction is planned with Building Frame System (SRG) with special concrete structure because the design of this building is located in high earthquake zone so all lateral load will be borne by the structural wall which has been listed on SNI 03-1726-2012 limiting the use of flat slab structure is more specific.

Based on the results of the analysis that has been done we found that the main frame of the building able to withstand lateral loads X and Y direction of each direction of 5.74% and 8.55% so that the requirements of Building Frame System fulfill.

From the analysis and the calculation results, we found that the flat slab is 30 cm in thickness, 300x300x10 cm panel drop dimension, 40/70 cm edge beam dimensions, 1-19 floor column dimensions are 100 x 100 cm with different f_c , thick shearwall 50 cm and there are 3 types of them. The foundation planned by using spun pile piles 60 cm with a depth of 30 m.

Key Words : Reinforced Concrete, Flat slab, Drop Panel, Shear wall

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-nya sehingga penulisan dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini membahas “*Modifikasi Perancangan Struktur Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang Jakarta Pusat Dengan Metode flat slab*” Dalam Laporan Tugas Akhir ini secara garis besar membahas mengenai perancangan bangunan dengan menggunakan metode *flat slab*. Pada akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing laporan tugas Akhir.
2. Bapak Bambang Piscesa, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
3. Ibu Yusronia Eka Putri Rachman W., ST., MT. selaku Dosen Wali.
4. Bapak Trijoko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSLK – ITS.
6. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas akhir ini.

Dalam penulisan laporan ini, saya menyadari bahwa masih ada kekurangan. Maka kritikan dan saran yang bersifat membangun sangat saya harapkan demi laporan ini.

Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, Juli 2018

(Penulis)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

Abstrak	v
Abstract	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Umum	7
2.2. Pelat	7
2.3. <i>Flat slab</i>	9
2.4. Analisa Struktur <i>Flat slab</i>	10
2.5. Sistem Rangka Gedug (SRG)	11
2.6. Kolom	12
2.7. Hubungan <i>Flat slab</i> -Kolom	13
2.8. Dinding Geser	14
2.9. Dinding Struktur Khusus	15
BAB III METODOLOGI	17
3.1. Pengumpulan Data	18
3.2. Literatur Perancangan Gedung	19
3.3. Metode Perancangan Yang Digunakan	20
3.3.1. Konsep Pembebanan yang digunakan	20
3.3.2. Program Bantu Analisa	20
3.4. Perancangan Struktur Sekunder	20
3.4.1. Perancangan Tulangan Tangga	20
3.4.2. Perancangan <i>Lift</i>	21
3.4.3. Perancangan Struktur Atap	21
3.5. Desain Awal (<i>Preliminary Design</i>)	21

3.5.1.	Struktur Primer.....	21
3.6.	Pembebanan	24
3.6.1.	Beban Mati.....	25
3.6.2.	Beban Hidup	25
3.6.3.	Beban Gempa.....	25
3.6.4.	Beban Angin	31
3.6.5.	Kombinasi Pembebanan.....	32
3.7.	Permodelan Struktur	32
3.8.	Kontrol Permodelan Struktur.....	32
3.8.1.	Kontrol Skala Gaya Dinamis	34
3.8.2.	Kontrol <i>Drift</i> (Defleksi Bangunan).....	34
3.9	Analisa Struktur	35
3.9.1.	Perhitungan Gaya Dalam	35
3.9.2.	Hasil Analisa Struktur.....	36
3.10.	Perancangan Penulangan Struktur	36
3.10.1.	<i>Flat slab</i>	36
3.10.2.	Kolom	37
3.10.3.	Balok	38
3.10.4.	Hubungan Kolom – <i>Flat slab</i>	40
3.10.5.	<i>Shear wall</i>	41
3.11.	Struktur Pondasi.....	42
3.11.1.	Struktur pondasi	42
3.11.2.	Perancangan poer	44
3.12.	Gambar Teknik	44
3.13.	Jadwal Kegiatan.....	44
BAB IV	ANALISA STRUKTUR	47
4.1.	Data Desain.....	47
4.1.1.	Data Gedung	47
4.1.2.	Pembebanan.....	47
4.2.	Desain Struktur Sekunder	48
4.2.1.	Desain Tangga	48
4.2.2.	Desain Balok Bordes.....	115
4.2.3.	Desain <i>Lift</i> dan Balok Penggantung <i>Lift</i>	118
4.3.	<i>Preliminary Design</i>	123
4.3.1.	Desain Struktur Primer	123

4.3.2.	Desain Pelat	123
4.3.3.	Desain <i>Drop Panel</i>	124
4.3.4.	Desain Kolom	126
4.3.5.	Desain Dinding Pendukung (<i>Shearwall</i>)	138
4.3.6.	Desain Balok Tepi.....	139
4.4.	Permodelan Struktur	140
4.4.1.	Desain Struktur Primer	140
4.4.2.	Pembebanan	142
4.4.3.	Permodelan Struktur <i>Flat slab</i> pada ETABS....	148
4.5.	Hasil Analisa Struktur	154
4.5.1.	Kontrol Beban Gravitasi	154
4.5.2.	Kontrol Partisipasi Massa	162
4.5.3.	Kontrol Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T)	162
4.5.4.	Kontrol Respons Seismik.....	164
4.5.5.	Kontrol Batas Simpangan antara Lantai (<i>Drift</i>)	167
4.5.6.	Kontrol Sistem Rangka Gedung	170
4.6.	Perhitungan Struktur Primer	171
4.6.1.	Umum	171
4.6.2.	Desain Pelat	171
4.6.3.	Desain Drop Panel	212
4.6.4.	Desain Balok Tepi.....	219
4.6.5.	Desain Kolom	240
4.6.6.	Desain <i>Shearwall</i>	259
4.7	Perencanaan Struktur Bawah	270
4.7.1	Perencanaan Basement.....	270
4.7.2	Perencanaan Pondasi.....	283
4.7.3	Perencanaan Poer Pada Kolom	297
4.7.4	Penulangan Poer	301
4.7.5	Perencanaan Sloof Pondasi	307
BAB V	RINGKASAN DAN SARAN	311
5.1	Ringkasan.....	311
5.2	Saran	313
DAFTAR	PUSTAKA	315
LAMPIRAN	317

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tampak Depan	4
Gambar 1. 2 Potongan Memanjang	5
Gambar 2. 1 <i>Flat Plate</i>	8
Gambar 2. 2 <i>Flat Slab</i>	8
Gambar 2. 3 <i>One-Way Joint</i>	8
Gambar 2. 4 <i>Wide-Module Joint</i>	8
Gambar 2. 5 <i>Two-Way Joint</i>	8
Gambar 2. 6 <i>Banded-Beam</i>	8
Gambar 2. 7 <i>Punching Shear</i>	13
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir	17
Gambar 3. 2 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 detik (Ss).....	27
Gambar 3. 3 Peta Respon Spektra Percepatan 1,0 detik (s1).....	28
Gambar 3. 4 Perhitungan Simpangan Tiap Lantai.....	35
Gambar 4. 1 Denah Tangga	49
Gambar 4. 2 Potongan Tangga.....	50
Gambar 4. 3 Pembebanan Pada Tangga	52
Gambar 4. 4 Gaya Lintang Pada Tangga	53
Gambar 4. 5 Gaya Momen Pada Tangga	54
Gambar 4. 6 Denah Tangga	62
Gambar 4. 7 Potongan Tangga.....	63
Gambar 4. 8 Pembebanan Pada Tangga	65
Gambar 4. 9 Gaya Lintang Tangga.....	66
Gambar 4. 10 Gaya Momen Tangga.....	67
Gambar 4. 11 Denah Tangga	76
Gambar 4. 12 Potongan Tangga.....	77
Gambar 4. 13 Pembebanan Pada Tangga	78
Gambar 4. 14 Gaya Lintang Tangga.....	80
Gambar 4. 15 Gaya Momen Tangga.....	81
Gambar 4. 16 Denah Tangga	89
Gambar 4. 17 Potongan Tangga.....	90
Gambar 4. 18 Pembebanan Pada Tangga	92
Gambar 4. 19 Gaya Lintang Tangga.....	93
Gambar 4. 20 Gaya Momen Tangga.....	94

Gambar 4. 21 Denah Tangga	102
Gambar 4. 22 Potongan Tangga.....	103
Gambar 4. 23 Pembebanan Pada Tangga	105
Gambar 4. 24 Gaya Lintang Tangga.....	106
Gambar 4. 25 Gaya Momen Tangga.....	107
Gambar 4. 26 Denah <i>Lift</i>	119
Gambar 4. 27 Potongan <i>Lift</i>	119
Gambar 4. 28 Posisi Ma, Mb, dan Mc	121
Gambar 4. 29 Desain Pelat dan Drop Panel.....	126
Gambar 4. 30 Kolom yang Ditinjau.....	126
Gambar 4. 31 Permodelan Struktur	140
Gambar 4. 32 Permodelan Tampak Samping Struktur	141
Gambar 4. 33 Denah Lantai 1 Permodelan Struktur.....	141
Gambar 4. 34 Denah Lantai 2 dan 4 Permodelan Struktur	141
Gambar 4. 35 Denah Lantai 3 Permodelan Struktur.....	142
Gambar 4. 36 Denah Lantai 5-19 Permodelan Struktur	142
Gambar 4. 37 Grafik Response Spectrum	146
Gambar 4. 38 Input Grid pada program ETABS 2016	148
Gambar 4. 39 Input Material Properties	149
Gambar 4. 40 Memasukan Dimensi Balok Tepi dan Kolom....	149
Gambar 4. 41 Memasukan Dimensi Pelat.....	150
Gambar 4. 42 Memasukan Dimensi Drop Panel	150
Gambar 4. 43 Input Respon Spektrum.....	151
Gambar 4. 44 Input Load Pattern.....	151
Gambar 4. 45 Input Mass Source.....	152
Gambar 4. 46 Input Load Case	152
Gambar 4. 47 Input Load Combination	153
Gambar 4. 48 Gambar Elemen Struktur	153
Gambar 4. 49 Displacements	167
Gambar 4. 50 Momen pelat Mx-x (M1-1).....	172
Gambar 4. 51 Momen pelat My-y (M2-2).....	172
Gambar 4. 52 Gambar Drop Panel Yang Ditinjau.....	202
Gambar 4. 53 Letak Drop Panel Yang Ditinjau.....	204
Gambar 4. 54 Letak Drop Panel Yang Ditinjau.....	207
Gambar 4. 55 Letak Drop Panel Yang Ditinjau.....	209

Gambar 4. 56 Denah Drop Panel	213
Gambar 4. 57 Balok Tepi Yang Ditinjau	220
Gambar 4. 58 Penampang Balok	222
Gambar 4. 59 Gambar <i>Design</i> Penulangan Kolom Lt 1-3.....	244
Gambar 4. 60 <i>Design</i> Penulangan Kolom Lt 4-6.....	244
Gambar 4. 61 <i>Design</i> Penulangan Kolom Lt 7-9.....	245
Gambar 4. 62 <i>Design</i> Penulangan Kolom Lt 10-12.....	245
Gambar 4. 63 <i>Design</i> Penulangan Kolom Lt 13-16.....	246
Gambar 4. 64 <i>Design</i> Penulangan Kolom Lt 6-19.....	246
Gambar 4. 65 Denah <i>Shearwall</i> Tipe 1.....	260
Gambar 4. 66 Evaluasi Sp Column Tipe 1 Arah X.....	264
Gambar 4. 67 Evaluasi Sp Column Tipe 1 Arah Y.....	268
Gambar 4. 68 Denah Dinding Penahan Tanah.....	270
Gambar 4. 69 Tampak Samping Dinding Penahan Tanah.....	271
Gambar 4. 70 Grafik Gaya Horisontal Tanah	272
Gambar 4. 71 Pembagian Grafik Gaya	273
Gambar 4. 72 Sketsa Beban Dinding Penahan Tanah	274
Gambar 4. 73 <i>Shearkey</i>	275
Gambar 4. 74 Denah Pondasi.....	283
Gambar 4. 75 Grafik Antara Daya dukung Tanah dengan Kedalaman	289
Gambar 4. 76 Pondasi Tiang Pancang Tipe 1	290
Gambar 4. 77 Pondasi Tiang Pancang Tipe 2	291
Gambar 4. 78 Pondasi Tiang Pancang Tipe 3	291
Gambar 4. 79 Diagram Gaya Lateral Tiang.....	296
Gambar 4. 80 Area Kritis Geser Akibat Kolom	298
Gambar 4. 81 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang.....	300
Gambar 4. 82 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)	301
Gambar 4. 83 Poer tipe 2	304
Gambar 4. 84 Momen Penulangan Arah Y Poer Tipe 2	304
Gambar 4. 85 Momen Penulangan Arah X Poer Tipe 2	304
Gambar 4. 86 Momen Penulangan Arah Y Poer Tipe 3	306
Gambar 4. 87 Momen Penulangan Arah X Poer Tipe 3	306
Gambar 4. 88 Diagram Interaksi Sloof.....	308

Gambar 4. 89 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn.....	308
Gambar 4. 90 Penulangan Sloof	310

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior.....	22
Tabel 3. 2 Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung	23
Tabel 3.3 Klasifikasi Situs	26
Tabel 3. 4 Koefisien Situs, F_v	28
Tabel 3. 5 Koefisien Situs F_a	29
Tabel 3. 6 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	29
Tabel 3. 7 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	30
Tabel 3. 8 Koefisien C_u	33
Tabel 3. 9 Koefisien C_t dan x	34
Tabel 3. 10 Simpangan Ijin Struktur.....	35
Tabel 3. 11 Jadwal Kegiatan Tugas Akhir.....	45
Tabel 4. 1 Rekap Penulangan.....	62
Tabel 4. 2 Rekap Penulangan Tangga.....	75
Tabel 4. 3 Rekap Penulangan Tangga.....	88
Tabel 4. 4 Rekap Penulangan Tangga.....	102
Tabel 4. 5 Rekap Penulangan Tangga.....	115
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes.....	118
Tabel 4. 7 Spesifikasi Mesin <i>Lift</i> Hyundai.....	119
Tabel 4. 8 Peraturan Tebal Pelat	124
Tabel 4. 9 Beban Hidup Kolom Lantai 1	128
Tabel 4. 10 Beban Hidup Kolom Lantai 1	129
Tabel 4. 11 Beban Mati Kolom Lantai 2	130
Tabel 4. 12 Beban Hidup Kolom Lantai 2	130
Tabel 4. 13 Beban Mati Kolom Lantai 3	131
Tabel 4. 14 Beban Hidup Kolom Lantai 3	131
Tabel 4. 15 Beban Mati Kolom Lantai 4	132
Tabel 4. 16 Beban Hidup Kolom Lantai 4.....	132
Tabel 4. 17 Beban Mati Kolom Lantai 5	133
Tabel 4. 18 Beban Hidup Lantai 5	133
Tabel 4. 19 Beban Mati Kolom Lantai 6	134
Tabel 4. 20 Beban Hidup Kolom Lantai 6.....	134

Tabel 4. 21 Beban Mati Kolom Lantai 7-9	134
Tabel 4. 22 Beban Hidup Lantai 7-9.....	135
Tabel 4. 23 Beban Mati Lantai 10-12	135
Tabel 4. 24 Beban Hidup Lantai 10-12.....	135
Tabel 4. 25 Beban Mati 13-16	136
Tabel 4. 26 Beban Hidup 13-16	136
Tabel 4. 27 Beban Mati 17-19	137
Tabel 4. 28 Beban Hidup 17-19	137
Tabel 4. 29 Rekap Ukuran Kolom	138
Tabel 4. 30 Rekap Kontrol Ukuran <i>Shear wall</i>	139
Tabel 4. 31 Beban Mati Tambahan Lt 1-19.....	143
Tabel 4. 32 Beban Mati Tambahan Lt. Atap	143
Tabel 4. 33 Reduksi Beban Hidup	144
Tabel 4. 34 Nilai Ct dan x	147
Tabel 4. 35 Beban Mati Lantai 19	155
Tabel 4. 36 Beban Mati Lantai 19	155
Tabel 4. 37 Beban Mati Lantai 16-13	155
Tabel 4. 38 Beban Hidup Lantai 16-13.....	156
Tabel 4. 39 Beban Mati Lantai 12-10	156
Tabel 4. 40 Beban Hidup Lantai 12-10.....	156
Tabel 4. 41 Beban Mati Lantai 9-7	156
Tabel 4. 42 Beban Hidup Lantai 4	157
Tabel 4. 43 Beban Mati Lantai 6	157
Tabel 4. 44 Beban Hidup Lantai 6	157
Tabel 4. 45 Beban Mati Lantai 5	157
Tabel 4. 46 Beban Hidup Lantai 5	158
Tabel 4. 47 Beban Mati Lantai 4	158
Tabel 4. 48 Beban Hidup Lantai 4	158
Tabel 4. 49 Beban Mati Lantai 3	158
Tabel 4. 50 Beban Hidup Lantai 3	159
Tabel 4. 51 Beban Mati Lantai 2	159
Tabel 4. 52 Beban Hidup Lantai 2	159
Tabel 4. 53 Beban Mati Lantai 1	159
Tabel 4. 54 Beban Hidup Lantai 1	160
Tabel 4. 55 Beban Mati Lantai <i>Basement</i>	160

Tabel 4. 56 Rekapitulasi Beban Struktur	160
Tabel 4. 57 Rekap Beban Struktur ETABS	161
Tabel 4. 58 Kontrol Partisipasi Massa	162
Tabel 4. 59 Nilai Kofisien Cn	163
Tabel 4. 60 Nilai Ct dan x	163
Tabel 4. 61 Periode Permodelan	164
Tabel 4. 62 Kontrol Respond Spectrum.....	165
Tabel 4. 63 Gaya Geser Dasar	167
Tabel 4. 64 Kontrol Simpangan Gempa Arah X.....	169
Tabel 4. 65 Kontrol Simpangan Gempa Arah Y.....	170
Tabel 4. 66 Kontrol Sistem Rangka Gedung	171
Tabel 4. 67 Rekapitulasi Nilai Momen yang Didapat Dari ETABS	173
Tabel 4. 68 Rekap Penulangan Pelat.....	188
Tabel 4. 69 Gaya Yang Terjadi Pada Kolom.....	192
Tabel 4. 70 Rekapitulasi Pemeriksaan Tebal Pelat	196
Tabel 4. 71 Pelimpahan Gaya Geser.....	196
Tabel 4. 72 Rekapitulasi Pelimpahan Momen dan Gaya geser Terhadap Pelat	200
Tabel 4. 73 Gaya Pada Pelat	200
Tabel 4. 74 Gaya Yang Terjadi Pada Balok Tepi	226
Tabel 4. 75 Rekap Penulangan Balok Tepi.....	238
Tabel 4. 76 Penulangan Tumpuan Balok Tepi.....	238
Tabel 4. 77 Gaya Geser Yang Terjadi Pada Balok Tepi.....	239
Tabel 4. 78 Kontrol Dimensi Kolom	242
Tabel 4. 79 Tulangan Longitudinal Lentur	243
Tabel 4. 80 Kontrol Beban Aksial Yang Mampu Diterima	247
Tabel 4. 81 Jarak Tulangan Transversal Interior	248
Tabel 4. 82 Jarak Penulangan Transversal Eksterior	249
Tabel 4. 83 Jarak Tulangan Longitudinal Kolom Eksterior	250
Tabel 4. 84 Jarak Tulangan Longitudinal Kolom Interior	251
Tabel 4. 85 Rekap Penulangan Longitudinal.....	253
Tabel 4. 86 Rekapitulasi Pengecekan Kontribusi Beton dalam Menahan Gaya Geser	256

Tabel 4. 87 Rekapitulasi Penulangan Transversal Diluar Sendi Plastik	257
Tabel 4. 88 Rekapitulasi Perhitungan Sambungan Lewatan	259
Tabel 4. 89 Gaya Yang Bekerja Pada <i>Shearwall</i> Tipe 1	260
Tabel 4. 90 Rekapitulasi Penulangan <i>Shearwall</i>	270
Tabel 4. 91 Data Tanah	271
Tabel 4. 92 Perhitungan Momen Dinding Penahan Tanah	274
Tabel 4. 93 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement akibat <i>uplift</i> air	280
Tabel 4. 94 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement Akibat Beban Parkir	282
Tabel 4. 95 Hasil Pengolahan Data Tanah	286
Tabel 4. 96 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1	290
Tabel 4. 97 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2	290
Tabel 4. 98 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 3	291
Tabel 4. 99 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 1	294
Tabel 4. 100 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 2	294
Tabel 4. 101 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum Tipe 3 ...	294
Tabel 4. 102 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 1	295
Tabel 4. 103 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 2	295
Tabel 4. 104 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 3	296
Tabel 4. 105 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Lateral	297
Tabel 4. 106 Rekapitulasi Penulangan Poer	307

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perputaran ekonomi banyak terjadi di kota besar. Hal ini menyebabkan orang-orang berbondong-bondong ke kota besar, dan mengakibatkan kota semakin padat. Namun lahan yang tersedia semakin sempit. Sehingga dibangun gedung untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Tak terkecuali Jakarta, yang merupakan ibukota dari Indonesia. Dengan letaknya yang strategis Jakarta juga menjadi pusat bisnis. Hal ini menyebabkan maraknya terjadi urbanisasi. Banyak pendatang menjadikan Jakarta menjadi tempat untuk mengais rejeki sekaligus tempat tinggal ataupun tempat singgah dalam berbisnis.

Untuk menjawab permasalahan tersebut perlu dibangun suatu tempat tinggal yang membutuhkan lahan kecil namun dapat menampung banyak orang, oleh karena itu diperlukan bangunan-bangunan berbentuk gedung bertingkat untuk menjawab permasalahan tersebut.

Gedung Midtown point dan ibis styles merupakan gedung dengan 18 lantai yang dibangun dikota Jakarta, yang merupakan pusat perekonomian. Gedung tersebut dibangun dengan menggunakan beton bertulang biasa dengan sistem cor ditempat. Ditinjau dibidang ekonominya, dizaman yang seperti ini dituntut pembangunan haruslah cepat dan murah agar menghasilkan keuntungan yang maksimal.

Dengan metode dan *design* bangunan yang tepat dapat mengurangi waktu pekerjaan dan biaya yang signifikan, maka dalam penyusunan tugas akhir ini akan direncanakan gedung yang terdiri dari 18 lantai dan dirancang sebagai gedung perhotelan dikota Jakarta.

Dikota besar seperti Jakarta yang merupakan pusat perekonomian negri ini mendorong para kontraktor melakukan pembangunan dengan cepat dan murah agar gedung segera dapat

dimanfaatkan. Ditambah lokasinya yang terletak di Jalan Fachrudin Tanah abang, Jakarta Pusat yang sangat ramai, menuntut proyek dapat cepat diselesaikan agar tidak mengganggu kegiatan ekonomi di sekitarnya.

Dalam perancangannya, gedung ini akan dibangun menggunakan metode *flat slab with drop panel*. *Flat slab* merupakan sistem pelat lantai dua arah yang memikul beban gravitasi langsung ke kolom tanpa terdistribusi ke arah tributari dari balok panelnya. Serta menggunakan *shear wall* untuk menahan seluruh beban gempa yang terjadi. *Flat slab* dicirikan dengan adanya *drop panel*. *Drop Panel* merupakan penambahan tebal pelat di daerah kolom yang berfungsi dalam mengurangi tegangan geser pons yang ditimbulkan oleh kolom terhadap pelat. Penebalan ini juga dapat meningkatkan besarnya momen lawanan di tempat-tempat daerah momen negatif bekerja.

Keuntungan yang didapat bila menggunakan *flat slab* sangat banyak, adapun keuntungan *flat slab* yaitu fleksibilitasnya terhadap tata ruang; waktu pengerjaannya relatif lebih pendek, hal ini dapat dilihat dari proses pembuatan bekisting pelat yang langsung dapat dibuat merata secara keseluruhan tanpa harus membuat bekisting balok baloknya terlebih dahulu; kemudahan dalam pemasangan instalasi mekanikal dan elektrik; menghemat tinggi bangunan (tinggi ruang bebas lebih besar dikarenakan tidak adanya pengurangan ketinggian akibat balok dan komponen pendukung struktur lainnya); pemakaian tulangan pelat bisa dengan tulangan fabrikasi (wire mesh). Dengan berbagai keuntungan di atas diharapkan penggunaan metode *flat slab* banyak digunakan pada pembangunan infrastruktur di Indonesia (Darsono,2002). Namun metode *flat slab* ini memiliki kekurangan yaitu tidak dapat menahan gaya geser yang besar oleh karena itu pada perancangan kali ini ditambahkan *shear wall* untuk menahan gaya geser akibat beban gempa.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun permasalahan yang ditinjau dalam modifikasi perancangan struktur gedung Ibis Styles hotel, Tanah Abang antara lain:

1. Bagaimana cara merancang *preliminary design* struktur primer diantaranya *flat slab* (pelat), *drop panel*, balok tepi, *shear wall* dan kolom?
2. Bagaimana cara merancang *preliminary design*, struktur sekunder berupa tangga dan *lift*?
3. Bagaimana cara menghitung pembebanan yang bekerja pada struktur gedung tersebut beserta kombinasinya setelah diadakan modifikasi?
4. Bagaimana cara merancang elemen struktur sekunder yang ada?
5. Bagaimana cara menghitung gaya dalam akibat beban gravitasi dan gempa pada struktur tersebut dengan menggunakan program bantu ETABS?
6. Bagaimana cara merancang elemen struktur primer berupa pelat lantai (*flat slab*), balok tepi, *drop panel*, *shear wall* dan kolom?
7. Bagaimana cara merancang pondasi yang mampu mendukung kestabilan struktur gedung setelah modifikasi?
8. Bagaimana menggambarkan hasil perancangan menjadi bentuk gambar Teknik dengan program bantu Autocad?

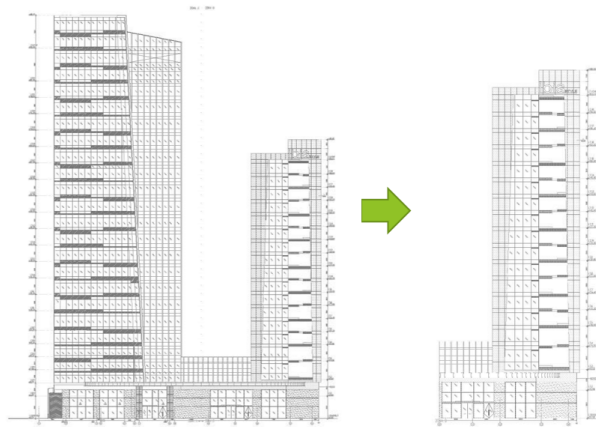
1.3. Tujuan

1. Menentukan dimensi struktur atas yaitu *flat slab*, *drop panel*, balok tepi, kolom, tangga, *shear wall* dan balok *lift*.
2. Menghitung pembebanan yang bekerja pada struktur gedung beserta kombinasinya setelah diadakan kombinasi.
3. Merancang elemen struktur sekunder yang ada.
4. Menghitung gaya dalam akibat beban gravitasi dan gempa pada struktur dengan menggunakan program bantu ETABS.
5. Merancang elemen struktur primer berupa pelat lantai (*flat slab*), balok tepi, *Drop panel*, *shear wall* dan kolom.
6. Merancang pondasi yang mampu mendukung kestabilan struktur gedung setelah dimodifikasi.

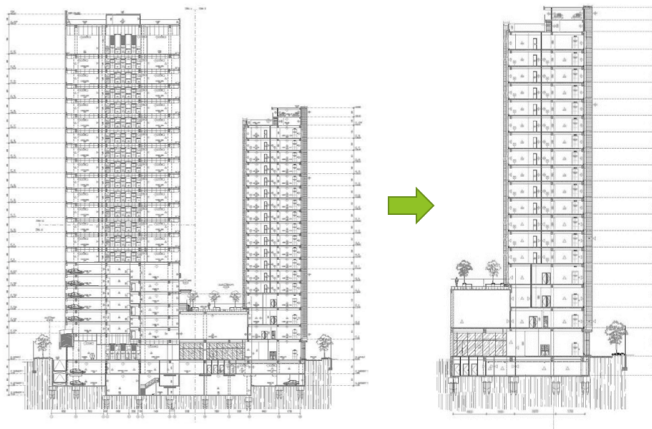
7. Menggambar hasil perancangan menjadi bentuk gambar Teknik dengan program bantu Autocad.

1.4. Batasan Masalah

1. Tidak merancang bagian Gedung Midtown Point (Gambar 1. 1Gambar 1. 1)
2. Dalam perancangan struktur gedung Ibis Styles Hotel Jakarta ini direncanakan hanya menggunakan teknologi *flat slab* dengan *drop panel*.
3. Hanya merancang Basement lantai 1 (Gambar 1. 2)
4. Tidak menghitung RAB bangunan.
5. Perancangan tidak meliputi utilitas bangunan, mekanikal, instalasi listrik, dan *finishing*.
6. Hanya memakai program bantu meliputi ETABS, PCACol, dan AutoCAD.



Gambar 1. 1 Tampak Depan
(Sumber: P.T Indomegah)



Gambar 1. 2 Potongan Memanjang
(Sumber: P.T Indomegah)

1.5. Manfaat

1. Memahami perancangan pada struktur gedung bertingkat.
2. Dapat mengaplikasikan *design flatslab* pada struktur gedung bertingkat yang bisa menghemat waktu pengerjaan pada gedung bertingkat.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas jurnal-jurnal dan dasar teori menyangkut perancangan ulang Gedung Ibis Styles Hotel menggunakan metode *flat slab with drop panel* dengan tambahan *shear wall*.

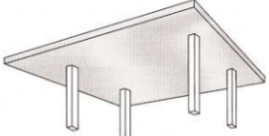
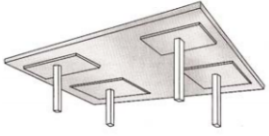
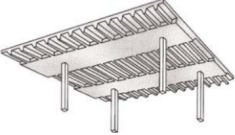
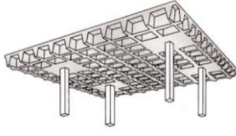
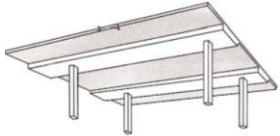
2.2. Pelat

Pada umumnya pelat diklasifikasikan dalam pelat satu-arah dan pelat dua-arah. Pelat berdefleksi secara dominan dalam satu arah disebut pelat satu-arah. Jika pelat dipikul oleh kolom yang disusun berbaris sehingga pelat dapat berdefleksi dalam dua-arah, pelat disebut pelat dua-arah.

Pelat dua-arah dapat diperkuat dengan menambahkan balok di antara kolom, dengan mempertebal pelat di sekeliling kolom (*drop panel*) dan dengan penebalan kolom di bawah pelat (*kepala kolom*). Ada beberapa macam bentuk pelat diantaranya yaitu pelat datar (*flat plate*) dan *flat slab*. Pelat datar (*flat plate*) termasuk pelat dua-arah berupa pelat beton dengan tebal merata yang mentransfer beban secara langsung ke kolom pendukung tanpa bantuan balok atau kepala kolom atau *drop panel*. Pelat datar dapat dibuat dengan dengan cepat karena bekisting dan susunan tulangan yang sederhana. Pelat ini memerlukan tinggi lantai terkecil untuk memberikan persyaratan tinggi ruangan dan memberikan fleksibilitas terbaik dalam susunan kolom dan partisi.

Flat slab kemungkinan memunculkan masalah dalam transfer geser di sekeliling kolom. Dengan kata lain, ada bahaya di mana kolom akan menembus pelat. Oleh karena itu seringkali perlu memperbesar dimensi kolom atau ketebalan pelat atau dengan menambahkan *drop panel* dan kepala kolom yang nantinya disebut *flat slab* (McCormac and Brown 2014). *Flat slab* termasuk pelat beton dua-arah dengan kepala kolom (*column capital*), *drop panel*, atau keduanya. Pelat ini sangat sesuai untuk beban berat dan bentang

panjang. Meskipun untuk bekisting lebih mahal dibandingkan dengan pelat datar (*flat plate*) akan tetapi *flat slab* memerlukan beton dan tulangan yang lebih sedikit dibandingkan pelat datar untuk beban dan bentang yang sama. Berikut gambar dari macam-macam tipe pelat (Gambar 2. 1 - Gambar 2. 6):

	
<p>Gambar 2. 1 <i>Flat Plate</i> (Sumber: http://www.cement.org)</p>	<p>Gambar 2. 2 <i>Flat Slab</i> (Sumber: http://www.cement.org)</p>
	
<p>Gambar 2. 3 <i>One-Way Joint</i> (Sumber: http://www.cement.org)</p>	<p>Gambar 2. 4 <i>Wide-Module Joint</i> (Sumber: http://www.cement.org)</p>
	
<p>Gambar 2. 5 <i>Two-Way Joint</i> (Sumber: http://www.cement.org)</p>	<p>Gambar 2. 6 <i>Banded-Beam</i> (Sumber: http://www.cement.org)</p>

2.3. *Flat slab*

Flat slab merupakan konstruksi beton dua arah (*two way slab with drops*) yang hanya memiliki unsur horizontal berupa pelat tanpa balok dan ditahan kolom (Jack C. McCormac, 2014). Sistem *flat slab* ini mempunyai ciri khusus yaitu, tidak adanya balok sepanjang garis kolom dalam atau (interior), sementara balok-balok tepi sepanjang garis kolom luar atau (eksterior), bisa jadi ada atau tidak (Wang. C.K.:Salman C.G., 1989). Namun *flat slab* memiliki kelemahan dalam menahan gaya geser disekililing kolom (McCormac and Brown 2014). Kemampuan *flat slab* untuk menahan gaya geser diperoleh dari salah satu atau kedua hal berikut:

1. *Drop panel*

Drop panel adalah penebalan beton disekitar kolom yang berguna untuk menahan gaya geser yang ada pada struktur beton *flat slab*.

2. *Column Capital*

Column capital atau kepala kolom berguna untuk meningkatkan kapasitas lempengan dalam menahan gaya geser yang terjadi (More and Sawant 2015).

Beberapa keuntungan yang didapat dengan menggunakan sistem *flat slab* pada gedung-gedung bertingkat, antara lain:

- *Flat slab* dapat mempercepat pekerjaan konstruksi karena *formwork* yang lebih sederhana dan penataan tulangannya.
- Tinggi bangunan yang dapat dikurangi.
- Kebebasan dalam mengatur kolom dan partisi.
(McCormac and Brown 2014)
- Dapat mengurangi beban mati
- Perawatan yang lebih mudah
- Lebih ekonomis karena tidak perlu memakai *formwork* untuk balok.
- Lebih menarik dalam segi arsitektural.
(More and Sawant 2015)

Sistem *Flat slab* ini lebih dapat diterima oleh para arsitek dan perancang bangunan, sistem ini merupakan sistem dimana pelat diberi perkuatan di dekat kolom. Perkuatan ini disebut *drop panel*

dan (atau) column capitals. Dibandingkan dengan *flat plate system*, sistem ini dapat digunakan untuk beban yang lebih tinggi, dan bentang yang lebih panjang. Ketebalan pelat dapat berkisar antara 125- 300 mm dengan bentang 4-9 m (More and Sawant 2015). Tujuan dari kepala kolom yaitu mendapatkan pertambahan keliling sekitar kolom untuk memindahkan geser dari beban lantai dan untuk menambah tebal dengan berkurangnya perimeter di dekan kolom

2.4. Analisa Struktur *Flat slab*

Analisa Struktur *Flat slab* dapat dilakukan dengan menggunakan 2 metode yakni metode desain langsung (*direct design method*) dan metode portal ekuivalen (*equivalent frame method*). Pada dasarnya metode portal ekuivalen memerlukan distribusi momen beberapa kali, sedangkan metode desain langsung hanya berupa pendekatan dengan satu kali distribusi momen. (Mohana and Kavan 2015)

a) Metode Perancangan Langsung (*direct design method*)

Metode langsung merupakan metode pendekatan untuk mengevaluasi dan mendistribusikan momen total pada panel slab dua arah. Dengan metode ini diupayakan slab dapat dihitung sebagai bagian dari balok pada suatu portal. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode pendekatan ini adalah pendekatan momen dan geser dengan menggunakan koefisien-koefisien yang disederhanakan. Sedangkan dalam menganalisa menggunakan metode ini ada beberapa persyaratan yang perlu dipenuhi antara lain:

- Panel harus berbentuk persegi atau persegi Panjang
- Rasio antara bentang terpanjang dengan yang terpendek tidak boleh lebih dari 2
- Beban hidup tidak boleh tiga kali lebih besar dari beban hidupnya. (Mohana and Kavan 2015)

b) Metode portal ekuivalen (*equivalent frame method*)

Pada metode portal (rangka) ekuivalen menganggap portal idealisasi ini serupa dengan portal aktual sehingga hasilnya akan lebih eksak dan mempunyai batasan penggunaan yang

lebih sedikit dibandingkan dengan metode desain langsung. Pada metode portal ekuivalen, struktur dibagi menjadi portal menerus yang berpusat pada kolom dalam masing-masing arah yang saling tegak lurus. Masing-masing portal ini terdiri atas sederetan kolom dan slab lebar dengan balok, apabila ada, diantara garis pusat panel (McCormac and Brown 2014).

2.5. Sistem Rangka Gedung (SRG)

Sistem struktur yang digunakan sebagai penahan gaya gempa pada perencanaan gedung secara umum terdapat enam sistem berdasarkan tata cara SNI 03 1726:2012, diantaranya:

- **Sistem Dinding Penumpu**
Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap yang beban gravitasinya dipikul oleh dinding penumpu dan sistem bresing.
- **Sistem Ganda**
Sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing.
- **Sistem Interaksi Dinding Geser Dan Rangka.**
Sistem struktur yang menggunakan kombinasi dinding geser dan sistem rangka beton bertulang biasa.
- **Sistem Kolom Kantilever**
Sistem struktur penahan gaya gempa, dimana gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa disalurkan ke kolom yang berperilaku sebagai kolom kantilever yang terjepit di bagian dasar gedung.
- **Sistem Rangka Gedung**
Sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul dinding geser ataupun oleh rangka bresing.
- **Sistem Rangka Pemikul Momen**

Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) (Jack C.McCormac, 2014).

Sistem perancangan struktur yang dipakai dalam modifikasi ini adalah Sistem Rangka Gedung berdasarkan Tata cara SNI 03 1726:2012. Sistem rangka gedung adalah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban grafitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul keseluruhnya oleh dinding geser beton bertulang yang bersifat daktail penuh dapat direncanakan dengan menggunakan nilai modifikasi respo, R , sebesar 6,0 sesuai SNI 03 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel 9.

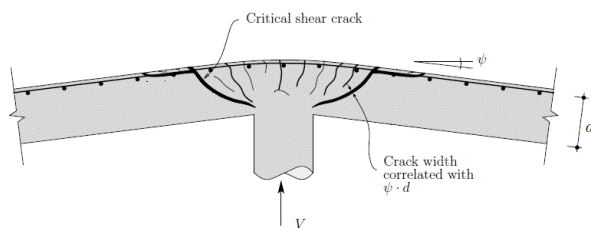
Dinding geser yang digunakan dalam modifikasi ini adalah dinding struktur khusus yang sesuai dengan kategori desain seismic D, E, F (SNI 03 2847:2013Pasal 21.1.1.3). Ketentuan dinding struktur khusus dijelaskan dalam SNI 03 2847:2013 pasal 21.9.

2.6. Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok (jika ada). Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke levasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan collapse (runtuh) lantai yang bersangkutan, dan juga runtuh total seluruh strukturnya. Oleh karena itu dalam merancang kolom perlu diwaspadai, yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi daripada yang dilakukan pada balok dan elemen struktural horisontal lainnya, terlebih lagi karena keruntuhan tekan tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas. (Tavio dan Kusuma, B , 2010).

2.7. Hubungan *Flat slab*-Kolom

Hubungan pelat-kolom mencakup daerah joint dan bagian dari pelat yang berbatasan dengan kolom. Transfer beban gravitasi antara pelat dan kolom menimbulkan tegangan geser pada pelat di sekeliling kolom yang disebut dengan penampang kritis. Disebutkan bahwa posisi penampang kritis adalah pada jarak yang tidak lebih dari setengah tebal efektif pelat ($d/2$) dari muka kolom atau dari tepi luar tulangan geser jika digunakan tulangan geser pada pelat. (Riawan,dkk,2012) .Sistem Struktur ini sangat umum digunakan di daerah risiko gempa rendah sampai resiko gempa menengah,di mana itu di perbolehkan sebagai Kekuatan Lateral Tahan Sistem (KLTS), Serta diresiko gempa tinggi sistem gravitasi dimana saat frame atau dinding geser di sediakan sebagai KLTS utama.Slab-Kolom frame biasanya digunakan untuk melawan gravitasi dan beban lateral didaerah gempa rendah sampai sedang dan mendirikan desain baiknya ada persyaratan untuk menghindari kegagalan meninjau di hubungan kolom-slab. Biasanya kegagalan yang terjadi adalah Punching shear. Punching *shear* adalah gaya geser dua arah yang bekerja pada slab yang menyebabkan slab mengalami desak setempat.(Gambar 2.7) Beberapa riset yang ada telah menjelaskan mengenai fenomena punching shear pada struktur *flat slab* (Studi et al. 2015).



Gambar 2. 7 *Punching Shear*

(Sumber: Performance and *Design of Punching Shear Reinforcing Systems*", 2010)

Ada 4 hal yang mempengaruhi fenomena punching shear, yaitu :
(Studi et al. 2015)

1. Mutu beton berpengaruh terhadap kapasitas punching shear. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan beban maksimum yang sanggup ditahan oleh *flat slab* pada mutu beton yang lebih tinggi.
2. Eksentrisitas kolom memperkecil kapasitas *punching shear*.
3. Tulangan geser mempunyai andil yang tidak bisa diabaikan terhadap punching shear. Namun, Penggunaan tulangan geser tidak selalu memperbesar kapasitas punching shear. Penggunaan tulangan geser pada *flat slab* dapat memperbesar kapasitas punching shear pada kondisi beban sentris sedangkan penggunaan tulangan geser pada slab dengan kondisi beban eksentris justru memperkecil kapasitas punching shear
4. Defleksi kolom yang terjadi pada struktur dengan beban sentris lebih besar dari struktur dengan beban eksentris. Hal ini disebabkan karena kapasitas punching shear pada kondisi beban sentris lebih besar dari kondisi pada beban eksentris.

2.8. Dinding Geser

Sebuah dinding geser atau *shear wall* merupakan dinding yang dirancang untuk menahan geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Banyak bangunan yang menggunakan dinding geser untuk membuat rumah yang lebih aman dan lebih stabil. Ketika dinding geser dibangun, itu dibangun dalam bentuk garis berat menguatkan dan diperkuat panel. Dinding idealnya menghubungkan dua dinding eksterior, dan juga penahan dinding geser lainnya dalam struktur. Dinding geser yang efektif adalah baik kaku dan kuat.

Dalam struktur bertingkat, dinding geser sangat penting, karena selain untuk mencegah kegagalan dinding eksterior, mereka juga mendukung beberapa lantai gedung, memastikan bahwa mereka tidak runtuh akibat gerakan lateral dalam gempa bumi. Dinding geser (*shearwall*) adalah unsur pengaku vertikal yang dirancang untuk menahan gaya lateral atau gempa yang bekerja pada bangunan. Dinding geser dengan lebar yang besar akan

menghasilkan daya tahan lentur dan geser yang sangat tinggi dan merupakan sistem struktur yang paling rasional dengan memanfaatkan sifat-sifat beton bertulang.

Dinding geser adalah dinding beton bertulang dengan kekakuan bidang datar yang sangat besar, yang ditempatkan pada lokasi tertentu (ruang *lift* atau tangga) untuk menyediakan tahanan gaya/beban horizontal. Pada konstruksi pelat beton bertulang, lantai dapat dianggap tidak mengalami distorsi karena ketegaran lantai sangat besar. Jadi gaya geser yang ditahan oleh sistem struktur disetiap tingkat bisa dihitung berdasarkan rasio ketegaran dengan memakai prinsip statis tak tertentu. Deformasi pada dinding kantilever menyerupai deformasi balok kantilever yang tegak lurus tanah dan selain deformasi lentur, dinding mengalami deformasi geser dan rotasi secara keseluruhan akibat deformasi tanah. Sebagai perbandingan deformasi portal terbuka besarnya cenderung sama pada tingkat atas dan bawah, sedangkan deformasi pada dinding geser sangat kecil didasar dan besar dipuncak. Gedung yang sesungguhnya tidak memiliki dinding geser yang berdiri sendiri karena dinding berhubungan dalam segala arah dengan balok atau batang lain ke kolom-kolom disekitarnya. Sehingga deformasi dinding akan dibatasi dan keadaan ini sebagai pengaruh pembatasan (*boundary effect*). Agar daya tahan dinding dapat berfungsi sebagaimana mestinya, maka syarat-syarat dibawah ini harus diperhatikan dalam tujuan perancangan dinding geser (Febry Ananda MS 2002).

2.9. Dinding Struktur Khusus

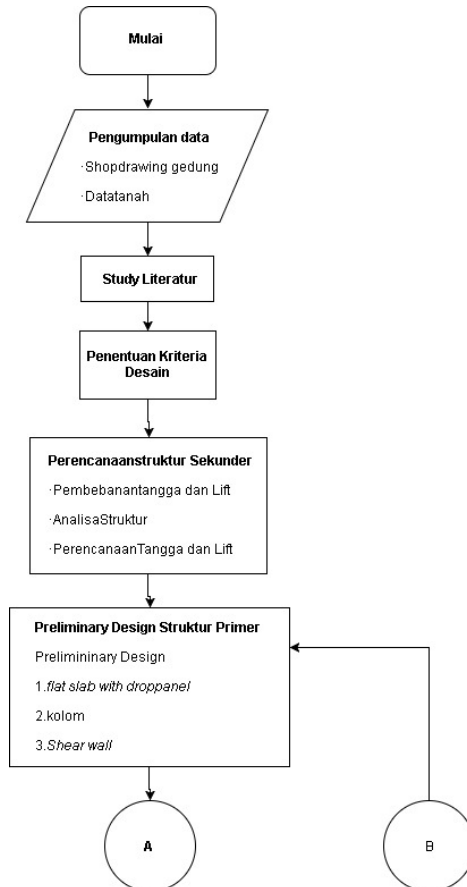
Dinding struktural merupakan dinding yang diproporsikan untuk menahan kombinasi geser, momen dan gaya aksial. Dinding geser adalah dinding struktur (SNI 03 2847:2013). Dalam wilayah gempa tinggi digunakan dinding struktur untuk mampu menahan gaya geser yang timbul akibat gempa. Dalam perancangan dinding struktur khusus mengacu pada SNI 03 2847:2013 pasal 21.9 dan SNI 03 1727:2012 pasal 7.2.

Dinding struktural khusus merupakan dinding cor di tempat

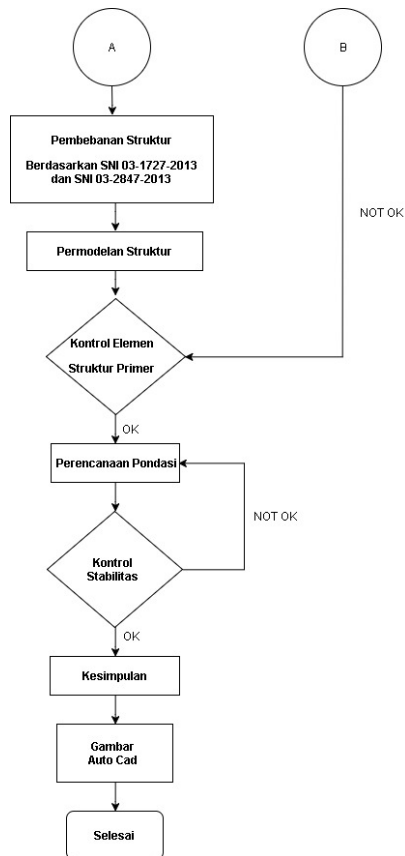
atau pracetak yang memenuhi persyaratan SNI 03 2847:2013 pasal 21. Dinding struktur yang didesain untuk kategori desain seismik D maka untuk ketinggian dibatasi dengan 48 meter sesuai SNI 1726:2012.

BAB III METODOLOGI

Perancangan gedung Ibis Styles Hotel menggunakan metode *flat slab with drop panel* memiliki langkah-langkah dalam mendisain yang dapat diaplikasikan melalui diagram alir pada Gambar 3. 1.



Gambar 3. 1 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3. 1 *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir (Lanjutan)

3.1. Pengumpulan Data

1) Data Umum

- Nama gedung : Gedung Midtown Point & Ibis Styles Hotel
- Lokasi : Jl. Fachruddin no 6, Jakarta Pusat
- Fungsi : Hotel dan Perkantoran
- Jumlah lantai : 22 dan 18

- Tinggi bangunan : + 93 m
- Total luas area : $\pm 18900 \text{ m}^2$
- Struktur utama : Struktur beton bertulang

2) Data Gambar

- Gambar Sruktur (Terlampir)
- Gambar Arsitektur (Terlampir)

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan *flat slab with drop panel* dan data bangunan yang direncanakan sebagai berikut:

1) Data Umum Bangunan

- Nama gedung : Gedung Ibis Styles Hotel
- Lokasi : JL. PLTGU Muara Tawar no.1, Bekasi
- Fungsi : Hotel
- Jumlah lantai : 18
- Tinggi bangunan : + 67.8 m
- Total luas area : $\pm 8600 \text{ m}^2$
- Struktur utama : Struktur beton bertulang (*flat slab*)

2) Data Bahan:

- Kekuatan tekan beton (f'_c) = 40 MPa
- Tegangan leleh baja (f_y) = 390 Mpa
- Data Tanah = terlampir

3) Data Gambar

- Gambar Sruktur (Terlampir)
- Gambar arsitektur (Terlampir)

3.2. Literatur Perancangan Gedung

Mempelajari Literatur atau pustaka yang berkaitan dengan perancangan diantaranya tentang peraturan yang membahas perancangan struktur dan literatur yang membahas perancangan struktur antara lain:

1. Badan Starndart Nasional. Tata cara Perancangan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)

2. Badan Starndart Nasional. Tata cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
3. Tata Cara Perhitungan Pembebanan untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 03-1727-2013)

3.3. Metode Perancangan Yang Digunakan

Desain Modifikasi struktur gedung Ibis Styles Hotel yang digunakan metode *flat slab with drop panel* yang akan direncanakan untuk didirikan di zona gempa tinggi dengan menambahkan struktur dinding struktur (*shear wall*). Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari system rangka Gedung, maka detail penulangan harus menggunakan SNI 2847-2013 pasal 21.9.

3.3.1. Konsep Pembebanan yang digunakan

Dalam tugas akhir ini, sebagian besar gaya lateral dipikul oleh dinding geser. Gaya lateral atau gaya gempa yang dipikul oleh *shear wall* sebesar 90 % dan sisanya harus mampu ditopang oleh struktur lain (kolom dan *flat slab*).

3.3.2. Program Bantu Analisa

Untuk Analisa perhitungan struktur seluruhnya akan dibantu menggunakan program bantu ETABS, dan PCA COL, Dimana ETABS akan digunakan untuk memperhitungkan gaya-gaya yang bekerja dan PCA COL akan digunakan untuk menghitung jumlah tulangan yang digunakan di kolom.

3.4. Perancangan Struktur Sekunder

Direncanakan terpisah dalam perancangannya, karena struktur sekunder hanya meneruskan beban ke struktur utama.

3.4.1. Perancangan Tulangan Tangga

Perancangan tangga didesain dengan mengasumsikan perletakan yang digunakan adalah sendi – rol. Syarat perancangan tangga harus memenuhi syarat berikut ini:

- $64 \leq 2.t + i \leq 65$ (3-1)

- Syarat kemiringan tangga:

$$20 \leq \alpha \leq 40$$

(3-2)

Keterangan:

i = Lebar injakan

t = Tinggi tanjakan

 α = Kemiringan tangga

3.4.2. Perancangan *Lift*

Dalam perancangan *lift*, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat *lift* dan balok penggantung katrol *lift*. Ruang landasan diberi kelonggaran (*lift* pit) supaya pada saat *lift* mencapai lantai paling bawah, *lift* tidak menumbuk dasar landasan, disamping berfungsi pula menahan *lift* apabila terjadi kecelakaan, misalnya tali putus. Perancangan ini mencakup perancangan balok penumpu depan, penumpu belakang, dan balok penggantung *lift*.

3.4.3. Perancangan Struktur Atap

Konstruksi atap direncanakan berfungsi sebagai pelindung komponen yang ada di bawahnya. Atap direncanakan hanya sebagai beban bagi konstruksi utama sehingga dalam perhitungannya dilakukan secara terpisah. Namun perhitungannya mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1.

3.5. Desain Awal (*Preliminary Design*)

Desain awal mencakup perancangan dimensi awal struktur gedung sesuai dengan SNI 03-2847-2013, antara lain:

3.5.1. Struktur Primer

3.5.1.1. Perancangan Dimensi Pelat dan Drop Panel

Tebal minimum pelat tanpa balok yang menghubungkan tumpuan-tumpuan dan yang mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua harus memenuhi ketentuan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, f_y (Mpa) **	Tanpa Penebalan**			Dengan Penebalan**		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	tanpa balok pinggir	dengan balok pinggir*		tanpa balok pinggir	dengan balok pinggir*	
280	$d_e/33$	$d_e/36$	$d_e/36$	$d_e/36$	$d_e/40$	$d_e/40$
420	$d_e/30$	$d_e/33$	$d_e/33$	$d_e/33$	$d_e/36$	$d_e/36$
520	$d_e/28$	$d_e/31$	$d_e/31$	$d_e/31$	$d_e/34$	$d_e/34$

(Sumber: SNI 2847: 2013)

Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain. *Pelat dengan balok diantara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai * untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8 **untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam table, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.

#Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5

3.5.1.2. Perancangan Dimensi kolom

Dalam menentukan dimensi awal kolom dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

- Kolom yang akan dianalisis dipilih berdasarkan yang memikul beban terbesar lalu menentukan data desain yang meliputi:
 - Tebal plat yang menumpu kolom yang akan dianalisis.
 - Dimensi balok tepi dan drop panel yang menumpu kolom yang akan dianalisis. 18
 - Mutu Beton yang digunakan (f'_c).
- Mendefinisikan Beban-beban yang akan menumpu pada kolom sesuai dengan SNI 1727-2013.
- Menghitung A_{perlu} dengan menggunakan persamaan 3-3.

$$A = \frac{P}{\phi f'_c} \quad (3-3)$$

Keterangan:

A = Luas kolom yang dibutuhkan (mm²)

P = Total beban yang menumpu kolom

Ø = Faktor reduksi = 0,3

Cek dimensi kolom dengan $h = b$ lebih besar dari 300 mm
serta rasio b dan h lebih besar dari 0,4

3.5.1.3. Perancangan Dimensi Balok Tepi dan Balok Perangkai

Menurut SNI 03-2847-2013 tabel 9.5(a): balok dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum (bila lendutan tidak dihitung) seperti pada Tabel 3. 2:

Tabel 3. 2 Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum , h			
	Tertumpu sederhana	satu ujung menerus	kedua ujung menerus	kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan denganartisi atau konstrukdi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	1/16	1/18.5	1/21	1/8

(Sumber: SNI 2847: 2013)

CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk kompenan struktur dengan beton normal dan tulanngan Mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:

- Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), W_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1.65 - 0.0003W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1.09
- Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0.4 + f_y/700)$.

- c) Berdasarkan Tabel 3.2 diatas dalam menentukan dimensi awal balok dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Menentukan data desain yang meliputi:
 - Panjang balok
 - Data properties material
2. Rencanakan lebar balok (b) adalah $2/3 h$.
3. Bila f_y sama dengan 400Mpa maka gunakan persamaan 3-02.

Bila f_y selain 420 Mpa gunakan persamaan 3-03

$$h_{\min} = L/16$$

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \left(0.4 + \left(\frac{f_y}{700} \right) \right) \quad (3-4)$$

Keterangan:

h_{\min} = Tinggi minimum balok (mm).

L = Panjang balok (mm).

f_y = Tegangan leleh baja (MPa).

3.5.1.4. Penentuan Dimensi Drop Panel Setempat Sesuai SNI 03-2847-2013 Ps 13.2.5 Point a dan point b:

- a. Tebal panel setempat harus memenuhi persamaan:

$$h_{\min} \leq \frac{1}{4} \text{ tebal slab} \quad (3-5)$$
- b. Lebar panel harus memenuhi persamaan:

$$L_{\text{drop panel}} \geq \frac{1}{6} L_x, \quad (3-6)$$
 dimana L_x merupakan Panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.

3.5.1.5. Penentuan Dimensi Shear Cap Setempat Sesuai SNI 03-2847-2013 Ps. 13.2.6

Penutup geser (shear cap) harus menjorok di bawah slab dan menerus dengan jarak horizontal minimum dari muka kolom sama dengan tebal proyeksi di bawah sisi bawah slab.

3.6. Pembebanan

Beban yang bekerja pada struktur ini terdiri dari beban mati

(berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup dan beban gempa. Untuk kombinasi pembebanan mengacu pada beberapa peraturan yaitu SNI 2847-2013, ACI 318-02, SNI 1727:2013. Beban – beban yang bekerja secara detil dijabarkan sebagai berikut:

3.6.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat keseluruhan bahan konstruksi gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, dinding partisi, komponen arsitektural lainnya yang terpasang pada gedung.

3.6.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban-beban yang dapat ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja sangatlah sulit karena fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung pada banyak faktor. Peraturan yang digunakan dalam perancangan beban hidup berdasarkan Peraturan Pembebanan SNI 1727:2013.

- a. Untuk ruang Pribadi dan Koridor yang melayani Ruang Pribadi sebesar 1.92 kN/m^2
- b. Untuk ruang publik dan koridor yang melayani ruang publik sebesar 4.79 kN/m^2
- c. Untuk atap yang digunakan untuk taman sebesar 4.79 kN/m^2

3.6.3. Beban Gempa

3.6.3.1. Analisa Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang berpengaruh pada bangunan akibat terjadinya gerakan tanah. Beban gempa ini dapat dibedakan menjadi 2 metode analisis, yaitu:

1. Metode analisis beban gempa statik ekuivalen, yang digunakan untuk bangunan - bangunan yang dikategorikan sebagai bangunan beraturan.

2. Metode analisis beban gempa dinamik, yang digunakan untuk bangunan-bangunan yang dikategorikan sebagai bangunan tidakberaturan.

Untuk mengetahui besarnya beban gempa, perlu diketahui beberapa parameter langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Wilayah gempa
2. Faktor Keutamaan dan kategori gedung bangunan
3. Penentuan klasifikasi tanah setempat
4. Jenis tanah ditetapkan sebagai tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak apabila untuk lapisan setebal maksimum 30 meter paling atas memenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam Tabel 3.3 dan Tabel 3. 4:

Tabel 3.3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	(m/detik)	atau	(kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Tabel 3.3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	(m/detik)	atau	(kPa)
yang mengikuti 6.10.1)	- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_{u,0} < 50$ kPa		

(Sumber: SNI 1726:2012)

5. Berat Struktur (Wt)

Perhitungan berat struktur perantai yang meliputi berat akibat beban sendiri, berat akibat beban hidup total yang membebani struktur.

6. Koefisien-koefisien Situs dan Parameter-parameter spectral percepatan gempa maksimum.

Parameter yang digunakan adalah S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) yang harus ditetapkan masing-masing dari respon spektrum percepatan 0,2 detik dalam peta gerak tanah seismik (MCEr) kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun. Dimana dalam perumusan mengacu pada SNI 1726-2012 pasal 6.2.



Gambar 3. 2 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 detik (S_s)
(Sumber: SNI 1726: 2012)



Gambar 3. 3 Peta Respon Spektra Percepatan 1,0 detik (s1)
(Sumber: SNI 1726: 2012)

- Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 0,2 detik (S_{MS}).
$$S_{MS} = F_a \times S_s \tag{3-7}$$
- Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1}).
$$S_{M1} = F_v \times S_1 \tag{3-8}$$

Tabel 3. 4 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 1$ detik, S_I				
	$S_I \leq 0,25$	$S_I = 0,5$	$S_I = 0,75$	$S_I = 1,0$	$S_I \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

(Sumber :SNI 1726:2012)

Tabel 3. 5 Koefisien Situs Fa

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

(Sumber :SNI 1726:2012)

7. Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T)

T_a = periode fundamental pendekatan

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3-9)$$

Koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 3. 6:

Tabel 3. 6 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

TipeStruktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

(Sumber :SNI 1726:2012)

3.6.3.2. Periode Fundamental Alami

Periode structural fundamental T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisi yang teruji. Periode fundamental, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan

atas perioda yang dihitung (C_u) dari tabel 1 dikali perioda fundamental pendekatan, T_a .

$$T < C_u \times T_a \quad (3-10)$$

Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental, T , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai pada Tabel 3.8:

Tabel 3. 7 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desian pada 1 detik, S_d1	Koefisien, C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber: SNI 1726: 2012)

3.6.3.3. Geser Dasar Seismic

Geser dasar seismic, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan 21 pada SNI 03-1726-2012 berikut:

$$V = C_s \times W \quad (3-11)$$

Keterangan:

C_s = Koefisien respons seismic yang ditentukan sesuai dengan SNI 03-1727-2012 Pasal 7.8.1.1

W = Berat seismic efektif menurut SNI 03-17272012 Pasal 7.7.2

3.6.3.4. Perhitungan Koefisien Respon Seismic

Menurut standart SNI 03-1726-2012, peluang dilampauinya beban dalam kurun waktu umur bangunan 50 tahun adalah 2% dan gempa yang menyebabkan disebut gempa rencana (dengan perioda ulang 2500 tahun). Nilai factor modifikasi respons struktur dapat ditetapkan sesuai dengan kebutuhan. Untuk ekstenritas sesungguhnya, dalam mm, diukur dari denah antara titik pusat massa struktur diatas pemisahan isolasi dam titik pusat

kekakuan isolasi, ditambah dengan eksentrisitas tak terduga, dalam mm, diambil sebesar 5% dari ukuran maksimum bangunan tegak lurus dengan arah gaya yang ditinjau. Koefisien respons seismic, C_s , harus ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1:

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-12)$$

Keterangan:

S_{ds} = Parameter percepatan spectrum respons desain dalam rentang periode pendek seperti ditentukan dari (SNI 03-1726-2012 pasal 6.3)

R = Factor modifikasi respons dalam (SNI 03-1726-2012 tabel 9)

I_e = Faktor keutamaan hunian yang ditentukan sesuai dengan (SNI 03-1726-2012 pasal 4.2.1 tabel 1)

C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0.044 S_{ds} I_e \geq 0.01 \quad (3-13)$$

Nilai C_s yang dihitung dengan (SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1) tidak perlu melebihi berikut ini:

$$C_{s \max} = \frac{S_{d1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-14)$$

3.6.3.5. Skala gaya

Jika kombinasi respon untuk gaya geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 % dari gaya geser dasar (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya yang harus dikalikan dengan:

$$0.85 \frac{V}{V_t} \quad (3-15)$$

Keterangan:

V = Gaya dasar prosedur gaya lateral ekuivalen, yang dihitung sesuai dengan pasal 7.9 dan 7.8

V_t = Gaya geser dari kombinasi ragam yang diisyaratkan.

3.6.4. Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727 – 2013 Pasal 27.2.1, Parameter beban angin yang harus diperhitungkan:

- Kecepatan angin dasar, V (Pasal 26.5)
- Faktor arah angin, K_0 (Pasal 26.6)
- Kategori eksposur (Pasal 26.7)
- Faktor topografi, K_{zt} (Pasal 26.8)
- Faktor efek tiupan angin (Pasal 26.9)

3.6.5. Kombinasi Pembebanan

Adapun kombinasi pembebanan menurut SNI 032847-2013 pasal 9.2.1 antara lain:

$$U = 1.4 D \quad (3-16)$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0.5 (L_r \text{ at atau } R) \quad (3-17)$$

$$U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W) \quad (3-18)$$

$$U = 1,2D + 1,0L + 1,0W + 0.5 (L_r \text{ atau } R) \quad (3-19)$$

$$U = 0,9D + 1,0W \quad (3-20)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L \quad (3-21)$$

$$U = 0.9D + 1,0E \quad (3-22)$$

3.7. Permodelan Struktur

Analisa struktur utama menggunakan program ETABS/SAP 2000 untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang bekerja pada struktur. Model harus memenuhi beberapa kriteria di kontrol permodelan struktur agar model yang dibuat dapat digunakan untuk perhitungan.

3.8. Kontrol Permodelan Struktur

Permodelan yang dibuat harus memenuhi beberapa kriteria di bawah agar gaya gempa yang terjadi pada permodelan dapat digunakan saat perancangan.

3.8.1. Kontrol Partisi Massa

Analisa struktur utama menggunakan program ETABS/SAP 2000 untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang bekerja pada struktur. Model harus memenuhi beberapa kriteria di kontrol permodelan struktur agar model yang dibuat dapat digunakan untuk perhitungan.

3.8.2. Kontrol Periode Fundamental Struktur

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.8.2 : $T_a < T < C_u \times T_a$.
periode fundamental struktur, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan di atas pada periode yang dihitung (C_u) dari tabel 14 pada SNI 1726-2002 dan periode fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1. sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur. Nilai “ T ”, diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai dengan pasal 7.8.2.1.
 $T_a = C_t \times h_n^x$ (3-23)

Keterangan:

h_n = ketinggian struktur (m)

C_t = koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726-2012

x = koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726-2012

Tabel 3. 8 Koefisien C_u

Parameter percepatan respons spectral desai pada 1 detik, SD1	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,15$	1,7

(Sumber :SNI 1726:2012)

Tabel 3. 9 Koefisien C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Rangka Baja Pemikul Momen	0,0724	0,8
Rangka Beton Pemikul Momen	0,0466	0,9
Rangka Baja dengan Bresing Eksentris	0,0731	0,75
Rangka Baja dengan Bresing Terkekang Terhadap Tekuk	0,0731	0,75
Semua Sistem Struktur Lainnya	0,0488	0,75

(Sumber :SNI 1726:2012)

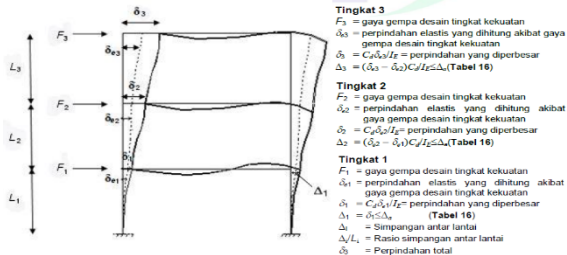
3.8.1. Kontrol Skala Gaya Dinamis

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1 : Gaya Dinamis $> 85\%$ Gaya Statis. Bila Periode fundamental yang dihitung melebihi $C_u T_a$, maka $C_u T_a$ harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen, maka gaya harus dikalikan dengan 0,85 (V/V_t).

3.8.2. Kontrol *Drift* (Defleksi Bangunan)

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.8.6 : Defleksi tiap lantai $>$ Defleksi ijin. Penentuan Simpangan antar lantai tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa terletak tidak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat diatasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan, defleksi harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin (Gambar 3. 4).

Gambar 3. 4 Perhitungan Simpangan Tiap Lantai



(Sumber: SNI 1726: 2012)

Tabel 3. 10 Simpangan Ijin Struktur

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan system dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai	0,025 h	0,02 h	0,015 h
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h	0,010 h	0,010 h
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h	0,007 h	0,007 h
Semua struktur lainnya	0,020 h	0,015 h	0,010 h

(Sumber: SNI 2847:2013)

3.9 Analisa Struktur

3.9.1. Perhitungan Gaya Dalam

Pehitungan gaya dalam pada struktur utama menggunakan program bantu ETABS / SAP 2000. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain :

- Bentuk Gedung

- Dimensi elemen struktur dari *preliminary design*
- Pembebanan struktur
- Kombinasi pembebanan
- Wilayah Gempa

3.9.2. Hasil Analisa Struktur

Hasil Analisa yang diperoleh dari program bantu ETABS/SAP 2000 adalah berupa gaya-gaya dalam struktur yang meliputi momen, gaya nominal, serta gaya lintang. Dari hasil Analisa struktur tersebut, dapat dihitung kebutuhan tulangan utama, geser, maupun lendutan *flat slab*. Setelah itu cek kemampuan geser dan lendutan yang terjadi pada saat *flat slab* menggunakan *drop panel* dan saat *flat slab* menggunakan *shear cap* sesuai dengan persyaratan yang ada di SNI 03-2847-2013.

3.10. Perancangan Penulangan Struktur

3.10.1. Flat slab

1. Perancangan pembebanan pelat terdiri dari:
 - a) besarnya beban yang bekerja sesuai dengan SNI 03-1727-2012
 - b) Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-2847/2013 pasal 9.2.1

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0.5 (Lr \text{ at atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0L + 1,0W + 0.5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$$

$$U = 0,9D + 1,0E$$
2. Perhitungan tulangan sekunder pelat Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang diisyaratkan sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3-24)$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (3-25)$$

Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \quad (3-26)$$

Menentukan luas tulangan (As) dari ρ yang didapatkan

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d \quad (3-27)$$

3. Panjang penyaluran tulangan (SNI 03-2847-2013 Pasal 12)

3.10.2. Kolom

1. Penulangan penyaluran tulangan

Syarat dimensi kolom menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5.6 dapat dipenuhi bila:

- Menerima beban aksial berfaktor lebih dari

$$\frac{Ag f_{rc}}{10} \quad (3-28)$$

Bila hasilnya lebih kecil dari beban aksial berfaktor maka berlaku:

$$a) \text{ Ukuran penampang terkecil } 300 \text{ mm} \quad (3-29)$$

$$b) \text{ Rasio } \frac{b}{h} > 0.4 \quad (3-30)$$

2. Pengekangan kolom (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5.2)

$$L_o \geq h \quad (3-31)$$

$$L_o \geq 1/6 l_n \quad (3-32)$$

$$L_o \geq 450 \quad (3-33)$$

Dengan s memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$S = 1/2h \quad (3-34)$$

$$= 8d \quad (3-35)$$

$$= 300 \quad (3-36)$$

Untuk Ash min sesuai dengan pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai sebesar dari perumusan:

$$\begin{aligned} Ash &= 0,3 (s \times bc \times f_c' / f_y) [(Ag/Ach)-1] \\ &= 0,09 (s \times bc \times f_c' / f_y) \end{aligned} \quad (3-37)$$

3. Sambungan lewatan kolom sesuai dengan 12.2.3 panjang sambungan lewatan tulangan harus dihitung dengan rumus:

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{f_y}{1.1 \lambda \sqrt{f_{rc}}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{c+K_{tr}}{d_b} \right)} \quad (3-38)$$

Dimana: $\frac{c+Ktr}{db} < 2.5$

$$\psi_e = 1.0$$

$$\psi_s = 1.0$$

$$\psi_t = 1.0$$

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.15, sambungan lewatan harus diletakan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik. Sehingga panjang lewatan kolom setelah dikalikan faktor sebesar 1,3.

3.10.3. Balok

1. Penulangan penyaluran tulangan

Syarat dimensi balok menurut SNI 03-2847-2013 dapat dipenuhi bila:

- Menerima beban aksial berfaktor lebih dari

$$\frac{A_g f'c}{10} \quad (3-39)$$

Bila hasilnya lebih kecil dari beban aksial berfaktor maka berlaku:

$$a) \text{ Ukuran penampang terkecil } > 250 \text{ mm} \quad (3-40)$$

$$b) \text{ Rasio } \frac{b}{h} > 0.3 \quad (3-41)$$

$$c) \text{ Jumlah tulangan } A_s A_s \geq 1.4 b w \frac{d}{f_y} \quad (3-42)$$

$$d) \text{ Rasio tulangan } \rho \leq 0.025 \quad (3-43)$$

2. Pengekangan Balok (SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.3)

Spasi maksimal tulangan geser di sepanjangn balok

$$s = d/2 \quad (3-44)$$

3. Perancangan Penulangan Geser

Perancangan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 yaitu harus memenuhi:

$$\phi V_n \geq V_u, \quad (3-45)$$

Keterangan:

V_n = Kuat geser nominal penampang

V_u = Kuat geser terfaktor pada penampang

ϕ = Reduksi kekuatan untuk geser = 0,75

Sedangkan untuk kuat geser nominal dari penampang merupakan hasil penjumlahan dari kuat geser beton (V_c) dan tulangan (V_s).

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-46)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-2)

$$V_c = 0,17\alpha\sqrt{f'_c}b_wd \quad (3-47)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1 persamaan 11-3)

Perancangan penampang terhadap geser harus didasarkan pada:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-48)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1)

Keterangan:

V_u = geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

V_n = Kuat geser nominal

V_c = Kuat geser beton

V_s = Kuat geser nominal tulangan geser

4. Kontrol Torsi

Akibat torsi harus diperhitungkan apabila memenuhi kriteria berikut:

$$T_u \leq \frac{\phi\sqrt{f'_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right) \quad (3-49)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1)

Perancangan penampang terhadap torsi:

$$T_u \leq \phi T_n \quad (3-50)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5 pers.11-20)

Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cot \theta \quad (3-51)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.6 pers.11-21)

Keterangan:

T_u = Momen torsi terfaktor

T_n = Kuat momen torsi

T_c = Kuat torsi nominal yang disumbang oleh beton

T_s = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

A_0 = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser mm^2

3.10.4. Hubungan Kolom – Flat slab

Perancangan penampang terhadap geser yang terletak pada sambungan slab kolom harus didasarkan pada rumus sebagai berikut:

$$Vu \leq \phi Vn \quad (3-52)$$

Dengan Vu adalah gaya geser berfaktor pada penampang yang ditinjau dan Vn adalah kuat geser nominal kuat geser nominal yang dihitung dari:

$$Vn = Vc + Vs \quad (3-53)$$

Dimana $Vs = 0$, sedangkan Vc harus diambil nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut:

$$Vc = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad (3-54)$$

$$Vc = 0.083 \left[\frac{as \cdot d}{b} + 2 \right] \lambda \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad (3-55)$$

$$Vc = 0.33 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad (3-56)$$

Untuk Persamaan dari Vu sebagai gaya geser terfaktor sebagai berikut:

$$Vu = \frac{vu}{6} \pm \frac{yv \cdot Mu \cdot Cab}{jc} \quad (3-57)$$

Keterangan:

Mu = Momen Unbalanced

C = Jarak dari sumbu pusat penampang tahanan geser kritis ke titik dimana tegangan geser dihitung

Jc = Momen inersia polar penampang geser kritis terhadap sumbu putar penampang kritis yang sejajar dengan sumbu momen yang ditinjau

Dimana:

$$M = 0.07 [(q_{DL} + 0.5q_{LL})l_2l_n^2 - q'_{DL}l'_2(l'_n)^2] \quad (3-58)$$

$$yv = 1 - yf \quad (3-59)$$

$$yf = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \quad (3-60)$$

$$C = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^2 y}{3} \right] \quad (3-61)$$

Keterangan:

b1 = Lebar total penampang kritis pada arah tegak lurus terhadap sumbu momen yang ditinjau

b2 = Lebar total penampang kritis pada arah sejajar sumbu momen yang ditinjau

c = Konstanta torsi balok tepi

Nilai V_u tersebut diatas harus memenuhi:

$$V_u \leq \phi V \quad (3-62)$$

Dimana:

$$\phi V_n = \frac{\phi V_c}{b \cdot d} \rightarrow \text{Untuk pelat tanpa tulangan geser} \quad (3-63)$$

Atau

$$\phi V_n = \frac{\phi (V_c + V_s)}{b \cdot d} \rightarrow \text{Untuk pelat dengan tulangan geser} \quad (3-64)$$

Tulangan geser diperlukan apabila $\phi V_u \geq V_n$ maka V_c ditentukan dengan rumus :

$$\phi V_c = \phi 4 \sqrt{f'_c} b \cdot d \quad (3-65)$$

3.10.5. *Shear wall*

Untuk perancangan *shear wall* memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Dari analisa pembebanan didapatkan beban-beban yang bekerja pada dasar dinding geser
2. Menentukan kuat geser dinding. (SNI 03-2847- 2013 pasal 21.9.4)
 - a) Kuat geser nominal V_n tidak diperkenankan melebihi:

$$V_n = A_{cv} [a_c \sqrt{f'_c} + \rho_n \cdot f_y] \quad (3-66)$$
 - b) Kuat geser nominal system dinding structural secara bersama-sama memikul beban lateral tidak boleh melebihi $0.66 A_{vc} \sqrt{f'_c}$, dimana A_{vc} adalah luas penampang total sistem dinding struktural dan kuat geser nominal tiap dinding individual tidak boleh $> 0.83 A_{vc} \sqrt{f'_c}$ dimana A_{cp} adalah luas penampang dinding yang ditinjau.
 - c) Menentukan DS perlu komponen batas khusus bila:

$$c > \frac{\lambda w}{600 \left(\frac{\delta u}{h w} \right)} \quad (3-67)$$

Besaran $\left(\frac{\delta u}{hw}\right)$ tidak boleh diambil kurang dari 0.007. sedangkan nilai c ditentukan berdasarkan Panjang daerah serat tekan akibat momen nominal yang bekerja, untuk itu perlu terlebih dahulu didesain kebutuhan tulangan vertical komponen batas DS di kedua sisi.

3. Kontrol Dinding Struktur

- Kontrol Batas kuat

Rasio tulangan arah vertical dan horizontal harus diatur tidak boleh kurang dari 0.002 atau $s < 450\text{mm}$ (pasal 21.9.2.1). Batas kuat geser dinding structural sesuai pasal 21.9.4.4 sebesar;

$$Vn < 0.66 A_{cv} \sqrt{f'c} \quad (3-68)$$

$$Vn < 0.83 A_{CV} \sqrt{f'c} \quad (3-69)$$

- Kontrol elemen batas

Elemen batas yang diperlukan jika kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada dinding struktur melebihi $0.2fc'$ (pasal 21.9.6.3)

- Kontrol kapasitas Aksial *Shear wall* Kapasitas beban aksial *shearwall* tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

3.11. Struktur Pondasi

3.11.1. Struktur pondasi

Gaya yang bekerja pada sebuah tiang dalam sekelompok tiang akibat beban-beban luar (beban vertical dan momen) dihitung dengan perumusan:

$$P1 = \frac{\sum V}{n} + \frac{Mx dy_i}{\sum_{i=1}^n d^2 y_i} \pm \frac{Mx dx_i}{\sum_{i=1}^n d^2 x_i} \quad (3-70)$$

Keterangan:

$\sum V$ = Jumlah tiang vertical

n = Jumlah tiang

Mx, My = Momen-momen yang bekerja diatas oer

dx_i, dy_i = Jarak dari sumbu tiang ke titik berat susunan kel. tiang

a) Daya dukung 1 tiang

Daya dukung tiang yang berdiri sendiri dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_{ex} = x Q_f - W \quad (3-71)$$

Keterangan:

Q_{ult} = *Ultimater pile capacity*

Q_e = *End bearing*

Q_f = *Side friction capacity*

W = Berat tiang

Sehingga rumus daya dukung tiang adalah:

$$Q_{ult} = E_k \times Q_{ult}(\text{berat sendiri})$$

b) Daya dukung kelompok tiang

Hasil dari penyelidikan tanah di lapangan dengan menggunakan SPT adalah data-data yang disajikan dalam bentuk grafis hubungan antara pukulan (N) dan kedalamannya, dilengkapi dengan tebal jenis lapisan tanahnya. Meyerhif mengkerelasikan kekuatan ujung dan geser pada satu tiang dengan hasil SPT untuk tanah.

$$Q_{ult} = 4 N_p A + \frac{N \times \phi}{B} \quad (3-72)$$

Keterangan

N_p = Jumlah standart penetrasi pada dasar tiang

N = Nilai rata-rata N sepanjang tiang

B = 50 untuk gesekan maksimum satuan 1 t/ft²

A = Luas selimut tiang

Daya dukung ijin tiang

$$Q_{ijin} = \frac{P}{SF} \quad (3-73)$$

c) Kontrol Terhadap gaya lateral

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode philiponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut:

Monolayer = 3 atau 6 kali diameter

Multilayer = 1,5 atau 3 kali diameter

$M = L_e \times H$

$M < M_{\text{bending crack}}$ (dari spesifikasi beton)

3.11.2. Perancangan poer

Dalam merancang tebal poer harus memenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal gaya geser nominal harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil, sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11

Kuat geser pons pada poer, dalam SNI pasal 11.11 ditentukan:

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \quad (3-78)$$

$$V_c = 0.083 \left[\frac{a_s \cdot d}{b} + 2 \right] \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \quad (3-79)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \quad (3-80)$$

Keterangan:

B_c = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom.

B = Parameter penampang kritis

$V_u < V_n$ tidak perlu tulangan geser.

3.12. Gambar Teknik

Penggambaran hasil perancangan dan perhitungan menggunakan *software* AutoCAD.

3.13. Jadwal Kegiatan

Merancang Kegiatan agar mempunyai acuan waktu untuk mengerjakan sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan pada Tabel 3. 11.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISA STRUKTUR

4.1. Data Desain

4.1.1. Data Gedung

Desain Gedung Ibis *style* hotel menggunakan sistem *flat slab*. Data bangunan yang akan digunakan dalam pekerjaan tugas akhir yaitu

- Tipe bangunan : Gedung Hotel
- Lokasi : Bekasi
- Ketinggian lantai
 - Lantai 1 : 3.8 m
 - Lantai 2 : 5.5 m
 - Lantai 3 : 4.0 m
 - Lantai 4 : 4.5 m
 - Lantai 5 : 4.0 m
 - Lantai 6- 19 : 3.2 m
 - Ruang mesin : 2.3 m
 - Atap : 2.4 m
- Tinggi Total Lantai : ± 67.5 m
- Mutu Beton ($f'c$) : 40 Mpa
- Mutu Baja ($f'y$) : 390 Mpa
- Data Tanah : Terlampir
- Data Gambar : Terlampir

4.1.2. Pembebanan

- 1) Beban Gravitasi yang Diterima Oleh Lantai

Beban Mati

- Keramik : 20.5 kg/m^2
- Plesteran : 28.5 kg/m^2
- Plafon : 17.0 kg/m^2
- Penggantung : 8.0 kg/m^2
- Ducting AC : 19.0 kg/m^2
- Plumbing : 10.0 kg/m^2
- Me : 40.0 kg/m^2

- | | |
|-------|------------------------|
| Total | :143 kg/m ² |
|-------|------------------------|
- Beban Hidup
- Beban yang dipakai : 192 kg/m²
- 2) Beban Gravitasi yang Diterima Oleh Atap
- Beban Mati
- | | |
|---------------|-------------------------------|
| - Plesteran | :28.5 kg /m ² |
| - Plafon | :17.0 kg/m ² |
| - Penggantung | : 8.0 kg/m ² |
| - Ducking AC | :19.0 kg/m ² |
| - Plumbing | :10.0 kg/m ² |
| - <u>Me</u> | <u>:40.0 kg/m²</u> |
| Total | :122.5 kg/m ² |
- Beban Hidup
- Beban hidup yang ditopang oleh atap 96 kg/m²
- 3) Beban Gempa
- Desain dan perhitungan struktur terhadap gempa berdasarkan SNI 1726:2012.

4.2. Desain Struktur Sekunder

Analisis Perhitungan struktur sekunder yang akan dibahas pada bab ini diantaranya adalah perancangan tangga, dan perancangan balok elevator.

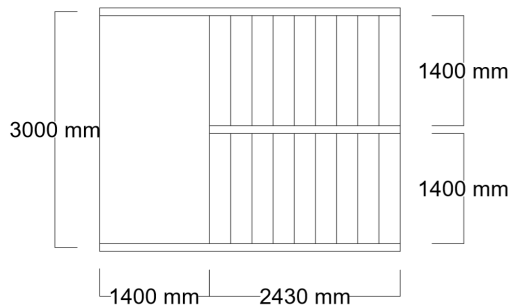
4.2.1. Desain Tangga

4.2.1.1. Tangga dengan Ketinggian 380 cm

Tangga akan didesain dengan meletakkan pelat bordes pada setengah tinggi antar lantai dengan denah tangga seperti pada Gambar 4.1 data desain sebagai berikut:

- Mutu beton (f'c) = 40 Mpa
- Mutu baja(fy) = 390 Mpa
- Tinggi lantai = 380 cm
- Panjang bordes = 300 cm
- Lebar bordes = 140 cm
- Lebar injakan (i) = 27 cm
- Tinggi injakan (t) = 19 cm

- Lebar tangga = 140 cm
- Tebal selimut beton = 20 cm
- Lebar horizontal tangga = 243 cm
- Jumlah injakan = 9 Buah
- Jumlah tanjakan = 10 Buah
- Jumlah tanjakan ke bordes = 10 Buah
- Jumlah tanjakan bordes ke lantai 2 = 10 Buah
- Elevasi bordes = 190 cm



Gambar 4. 1 Denah Tangga

Dengan acuan Gambar Denah Tangga di atas, untuk jumlah tanjakan, injakan, sudut kemiringan tangga, tebal pelat rata-rata, dan tebal rata-rata pelat tangga dihitung berdasarkan setengah tinggi dari tinggi antar lantai.

- Jumlah tanjakan (nt):

$$nt = \frac{190}{19} = 10 \text{ buah}$$
- Jumlah injakan (n):

$$n = nt - 1 = 10 - 1 = 9 \text{ buah}$$
- Syarat perencanaan:

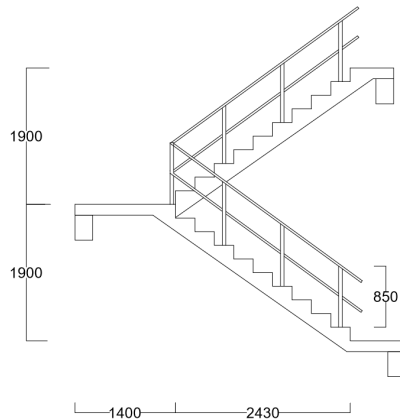
$$60 \text{ cm} \leq 2t+i \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 2 \cdot 19 + 27 \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm (OK)}$$
- Kemiringan tangga (α) = $\tan^{-1}\left(\frac{190}{383}\right) = 26.38^\circ$

- Tebal pelat tangga rata-rata(tr)

$$\begin{aligned}
 T \text{ rata-rata} &= \left(\frac{i}{2}\right) \times \sin \alpha \\
 &= \left(\frac{27}{2}\right) \times \sin 26.38 \\
 &= 6.0005 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm} \\
 \text{Tebal total} &= 15 + 7 \\
 &= 22 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 2 Potongan Tangga

Pembebanan pelat bordes dan anak tangga

- Pembebanan Pelat Anak Tangga

- Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri} &= 0.22 \times 1 \times 2400 \times \frac{1}{\cos 26.38} \\
 &= 589.42 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Keramik} = 20.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 28.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Handraling} = 10 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 648.42 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$\text{Beban hidup pada tangga} = 479 \text{ kg/m}$$

- Beban ultimate

$$Q_{ult} = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$

$$= 1.2 \times 648.42 + 1.6 \times 479$$

$$= 1544.51 \text{ kg/m}$$
- b. Pembebanan Pelat Bordes
 - Beban mati

Berat sendiri	= 0.15×2400
	= 360 kg/m
Keramik	= 20.5 kg/m
Spesi	= 28.5 kg/m
Handraling	= <u>10 kg/m</u>
Total	= 419 kg/m
 - Beban hidup
 Beban hidup pada bordes 479 kg/m
 - Beban ultimate

$$Q_{ult} = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$

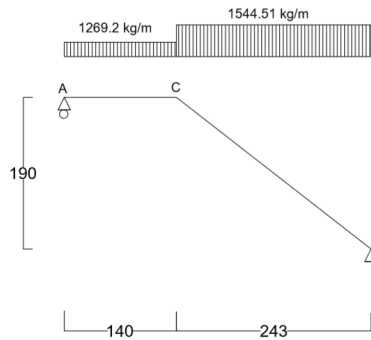
$$= 1.2 \times 419 + 1.6 \times 479$$

$$= 1269.2 \text{ kg/m}$$

4.2.1.1.1. Analisa Struktur Tangga

a. Reaksi Perletakan Tangga

Analisa struktur tangga menggunakan metode statis tertentu dengan perletakan sendi-rol dengan kondisi pembebanan seperti pada Gambar 4. 3.



Gambar 4. 3 Pembebanan Pada Tangga

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = 3.83 R_a - 1269.2 \times 1.4 \times 3.13 - 1544.51 \times 2.43 \times 1.26$$

$$0 = 3.83 R_a - 10121.72$$

$$R_a = \frac{10121.72}{3.83}$$

$$R_a = 2642.7 \text{ kg}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = -R_b 3.83 + 1544.51 \times 2.43 \times 2.615 + 1269.2 \times 1.4 \times 0.7$$

$$0 = -R_b 3.83 + 11058.32$$

$$R_b = \frac{11058.32}{3.83}$$

$$R_b = 2887.3 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$-1269.2 \times 1.4 + 1544.5 \times 2.43 = 2887.3 + 2642.7$$

$$5530 = 5530 \quad (\text{OK})$$

b. Gaya Dalam Tangga

Akibat beban yang dibebankan pada tangga maka struktur tangga akan memiliki gaya-gaya akibat beban yang dibebankan seperti gaya normal, gaya lintang serta momen. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan gaya-gaya tersebut.

- Gaya lintang

$$0 \leq x_1 \leq 1.4 \text{ m (dari kiri)}$$

$$Dx_1 = Ra - 1269.2 x_1$$

$$Dx_1 = 2642.7 - 1269.2 x_1$$

$$X_1 = 0 \text{ m}, Dx_1 = 2642.7 \text{ kg}$$

$$X_1 = 0.8 \text{ m}, Dx_1 = 1627.4 \text{ kg}$$

$$X_1 = 1.4 \text{ m}, Dx_1 = 865.87 \text{ kg}$$

$$0 \leq x_2 \leq 2.43 \text{ m (dari kanan)}$$

$$Dx_2 = -Rb \cos \alpha + 1544.51 \cos \alpha x_2$$

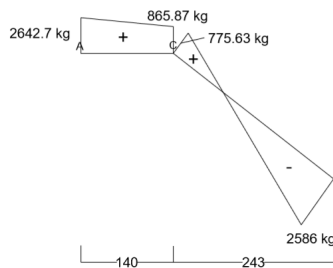
$$Dx_2 = -2887.0896 + 1544.51 \cdot 0.896 x_2$$

$$X_2 = 0 \text{ m}, Dx_2 = -2586 \text{ kg}$$

$$X_2 = 1.8 \text{ m}, Dx_2 = -96.01 \text{ kg}$$

$$X_2 = 2 \text{ m}, Dx_2 = 180.71 \text{ kg}$$

$$X_2 = 2.43 \text{ m}, Dx_2 = 775.63 \text{ kg}$$



Gambar 4. 4 Gaya Lintang Pada Tangga

- Gaya momen

$$0 \leq x_1 \leq 1.4 \text{ m (dari kiri)}$$

$$Mx_1 = Ra x_1 - 1269.2 x_1 \cdot 0.5 x_1$$

$$Mx_1 = 2642.7 x_1 - 634.6 x_1^2$$

$$X_1 = 0 \text{ m}, Mx_1 = 0 \text{ kg m}$$

$$X_1 = 1 \text{ m}, Mx_1 = 2008.1 \text{ kg m}$$

$$X_1 = 1.4 \text{ m}, M_{x_1} = 2456 \text{ kg m}$$

$$0 \leq x_2 \leq 2.43 \text{ m (dari kanan)}$$

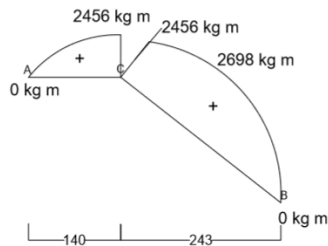
$$M_{x_2} = R_b x_2 - 1544.5 x_2 - 0.5 x_2^2$$

$$M_{x_2} = -2887 x_2 - 772.25 x_2^2$$

$$X_2 = 0 \text{ m}, M_{x_2} = 0 \text{ kg m}$$

$$X_2 = 1.8 \text{ m}, M_{x_2} = 2695 \text{ kg m}$$

$$X_2 = 2.43 \text{ m}, M_{x_2} = 2456 \text{ kg m}$$



Gambar 4. 5 Gaya Momen Pada Tangga

4.2.1.1.2. Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan kebutuhan tulangan tangga berdasarkan momen maksimum yang terjadi pada tiap bentang baik bagian pelat tangga maupun pelat bordes.

4.2.1.1.3. Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga

1) Data Perancangan Tulangan:

Mu max	= 2698.013 kg-m
	= 26980130 N-mm
Tebal pelat tangga	= 220 mm
Tebal selimut beton	= 20 mm
Diameter tulangan	= 13 mm
Diameter susut	= 10 mm
Mutu baja (fy)	= 390 MPa
Mutu beton (fc')	= 40 MPa

$$\beta_1 = 0.8$$

$$\begin{aligned} d &= \text{Tebal pelat} - \text{cover} - 0.5 \text{ tulangan} \\ &= 220 - 20 - 0.5 \times 13 \\ &= 193.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} = 0.0041 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0036$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 40}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0.0423 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0423 = 0.0317$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan)}$$

2) Penulangan Lentur

$$\Phi = 0.9$$

$$R_n = \frac{M_{\max}}{b \times d^2} = \frac{26980127}{0.9 \times 1000 \times 193.5^2} = 0.8 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 0.08}{390}} \right) = 0.0021 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$0.0041 \geq 0.0021$$

$$\text{Dipakai } \rho = 0.0041$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0041 \times 1000 \times 193.5 \\ &= 793.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 13^2 \\ &= 132.665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S = \frac{b \times \text{as tulangan}}{\text{As perlu}} = \frac{1000 \times 132.665}{793.5} = 167.2 \text{ mm}$$

Syarat:

- $S \leq 3 h_f = 3 \times 220 = 660 \text{ mm}$
- $S \leq 450 \text{ mm}$

Maka dipakai $S = 100 \text{ mm}$ ($A_s = 1326.65 \text{ mm}^2$)

$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ perlu}$ (OK)

$1326.65 \geq 793.5$ (OK)

Maka untuk penulangan lentur dipakai D13-100 mm

3) Kontrol Regangan

- Kontrol Kondisi Penampang

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{1326.7 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} \\ &= 15.217 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \\ &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right) \\ &= 0.764 \end{aligned}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{15.217}{0.764} = 19.911 \text{ mm}$$

Syarat:

$$0.375 d_t > C$$

$$72.563 \text{ mm} > 19.911 \text{ mm} \text{ (Terkendali Tarik)}$$

4) Penulangan Geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut;

$$V_c = 0.17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 0.17 \times \sqrt{40} \times 2200 \times 193.5 = 457701.74 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 0.5 \times 0.75 \times 457701.74 = 171638.15 \text{ N}$$

$$V_u = 2642.7 \text{ kg} = 26427 \text{ N} < 0.5 \phi V_c$$

Jadi tidak perlu penulangan geser

5) Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan;

$\rho = 0,0018$ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)

As perlu = $0,0018 \times 1000 \times 182 = 327.6 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{327.6} = 239.62 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 5h = 5 \times 220 = 1100 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-200

6) Kontrol Lendutan

$\Delta_{ijin} > \Delta$ terjadi

$$\Delta \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{ijin} \times L^4}{E \times I_e}$$

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= DL + LL \\ &= 648.42 + 479 \\ &= 1127.4 \text{ kg/m} \\ &= 11.274 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 2698 \text{ kgm} \\ &= 269801 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ec &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \times \sqrt{40} \\ &= 29725 \text{ n/mm}^2 = 297250 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ig &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 100 \times 10648 \\ &= 88733 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fr &= 0.062 \times \lambda \times \sqrt{40} \\ &= 0.3921 \text{ n/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Yt &= 0.5 \times t \\ &= 0.5 \times 22 \\ &= 11 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \frac{f_r}{y_t} Ig \\ &= \frac{0.3921}{11} 88733 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3163.1 \text{ kgcm} \\
 L_{cr} &= \left(\frac{1}{3} \times b \times y t^3 \right) + (A_s \text{ pasang} \times y t^2) \\
 &= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 11^3 \right) + (13.266 \times 11^2) \\
 &= 45972 \text{ cm}^4 \\
 I_e &= \frac{M_{cr}}{M_a} I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 L_{cr} \right) \\
 &= \frac{3163.1}{269801} 88733 + \left(1 - \left(\frac{3163.1}{269801} \right)^3 45972 \right) \\
 &= 47012 \text{ cm}^4 \\
 \Delta \text{ terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e} \\
 &= 0.0951 \text{ cm} \\
 \Delta \text{ ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{308.46}{360} = 0.8568 \text{ cm} \\
 \text{Syarat:} \\
 \Delta \text{ ijin} &= 0.8568 \text{ cm} > \Delta \text{ terjadi} = 0.0951 \text{ cm (OK)}
 \end{aligned}$$

4.2.1.1.4. Perhitungan Penulangan Bordex

1) Data Perencanaan

$$\begin{aligned}
 \mu &= 2456.03 \text{ kgm} \\
 \text{Tebal Pelat Bordex} &= 15 \text{ cm} \\
 \text{Tebal Decking} &= 20 \text{ mm} \\
 D \text{ tulangan} &= 13 \text{ mm} \\
 D \text{ tulangan Susut} &= 10 \text{ mm} \\
 \text{Mutu Tulangan Baja} &= 390 \text{ Mpa} \\
 \text{Mutu Beton} &= 40 \text{ Mpa} \\
 \beta_1 &= 0.8 \\
 d &= \text{Tebal pelat -cover-0.5 tulangan} \\
 &= 150 - 20 - 0.5 \times 13 \\
 &= 123.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2) Penulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 \phi &= 0.9 \\
 R_n &= \frac{\mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2456.03}{0.9 \times 1000 \times 123.5^2} = 1.789 \\
 M &= \frac{f_y}{0.85 \times f'_c}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{390}{0.85 \times 40} \\
 &= 11.471 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1.789}{390}} \right) = 0.004715
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$0.0041 \leq 0.004715 \leq 0.0317$$

Dipakai $\rho = 0.004715$

As perlu = $\rho \times b \times d$

$$= 0.004715 \times 1000 \times 123.5$$

$$= 582.33 \text{ mm}^2$$

As tulangan = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$

$$= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 13^2$$

$$= 132.665 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{b \times \text{as tulangan}}{\text{As perlu}} = \frac{1000 \times 132.665}{582.33} = 227.8 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 3 h_f = 3 \times 220 = 660 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Maka dipakai $S = 200 \text{ mm}$ ($As = 663.33 \text{ mm}^2$)

As pakai \geq As perlu (OK)

$$663.33 \geq 582.33 \text{ (OK)}$$

Maka untuk penulangan lentur dipakai D13-200 mm

3) Kontrol Regangan

- Kontrol Kondisi Penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{663.33 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} \\
 &= 7.61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right)$$

$$= 0.85 - 0.05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right)$$

$$= 0.764$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7.61}{0.764} = 9.95 \text{ mm}$$

Syarat:

$$0.375 dt > C$$

$$46.313 \text{ mm} > 9.95 \text{ mm (Terkendali Tarik)}$$

4) Penulangan Geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut;

$$V_c = 0.17 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$= 0.17 \times \sqrt{40} \times 1000 \times 123.5 = 132784.04 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 0.5 \times 0.75 \times 132784.03 = 49794.014 \text{ N}$$

$$V_u = 2642.7 \text{ kg} = 26427 \text{ N} < 0.5 \phi V_c$$

Jadi tidak perlu penulangan geser

5) Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan;

$$\rho = 0.0018 \text{ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 0.0018 \times 1000 \times 112 = 201.6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{201.6} = 389.38 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 5h = 5 \times 150 = 750 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-200

6) Kontrol Lendutan

$\Delta_{ijin} > \Delta \text{ terjadi}$

$$\Delta \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e}$$

$$Q \text{ ijin} = DL + LL$$

$$= 419 + 479$$

$$= 898 \text{ kg/m}$$

$$= 8.98 \text{ kg/cm}$$

$$\begin{aligned}
\text{Mu} &= 2456 \text{ kgm} \\
&= 245600 \text{ kgcm} \\
\text{Ec} &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\
&= 4700 \times \sqrt{40} \\
&= 29725 \text{ n/mm}^2 = 297250 \text{ kg/cm}^2 \\
\text{Ig} &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
&= \frac{1}{12} \times 100 \times 3375 \\
&= 28125 \text{ cm}^4 \\
\text{Fr} &= 0.062 \times \lambda \times \sqrt{40} \\
&= 0.3921 \text{ n/mm}^2 \\
\text{Yt} &= 0.5 \times t \\
&= 0.5 \times 15 \\
&= 7.5 \text{ cm} \\
\text{Mcr} &= \frac{f_r}{y_t} \text{ Ig} \\
&= \frac{0.3921}{7.5} 28125 \\
&= 1470.5 \text{ kgcm} \\
\text{Lcr} &= \left(\frac{1}{3} \times b \times y_t^3 \right) + (\text{As pasang} \times y_t^2) \\
&= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 7.5^3 \right) + (6.63 \times 7.5^2) \\
&= 14436 \text{ cm}^4 \\
\text{Ie} &= \frac{\text{Mcr}}{\text{Ma}} \text{ Ig} + \left(1 - \left(\frac{\text{Mcr}}{\text{Ma}} \right)^3 \text{ Lcr} \right) \\
&= \frac{1470.5}{245603} 28125 + \left(1 - \left(\frac{1470.5}{245603} \right)^3 14436 \right) \\
&= 14604 \text{ cm}^4 \\
\Delta \text{ terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times \text{Ie}} \\
&= 0.0103 \text{ cm} \\
\Delta \text{ ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{140}{360} = 0.3889 \text{ cm} \\
\text{Syarat:} \\
\Delta \text{ ijin} &= 0.3889 \text{ cm} > \Delta \text{ terjadi} = 0.0103 \text{ cm (OK)}
\end{aligned}$$

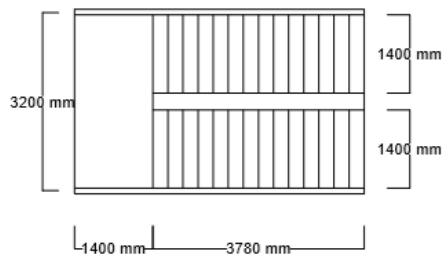
Tabel 4. 1 Rekap Penulangan

Nama Struktur	Tulangan		
	Lentur	Susut	Bagi
Pelat Tangga	D13-100	D10-200	D10-200
Pelat Bordes	D13-200	D10-200	D10-20

4.2.1.2. Tangga dengan Ketinggian 550 cm

Tangga akan didesain dengan meletakkan pelat bordes pada setengah tinggi antar lantai dengan denah tangga seperti pada Gambar 4.1 data desain sebagai berikut:

- Mutu beton ($f'c$) = 40 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 390 Mpa
- Tinggi lantai = 550 cm
- Panjang bordes = 320 cm
- Lebar bordes = 140 cm
- Lebar injakan (i) = 27 cm
- Tinggi injakan (t) = 19 cm
- Lebar tangga = 140 cm
- Tebal selimut beton = 20 cm
- Lebar horizontal tangga = 378 cm
- Jumlah injakan = 14 Buah
- Jumlah tanjakan = 15 Buah
- Jumlah tanjakan ke bordes = 15 Buah
- Jumlah tanjakan bordes ke lantai 2 = 15 Buah
- Elevasi bordes = 275 cm



Gambar 4. 6 Denah Tangga

Dengan acuan Gambar Denah Tangga di atas, untuk jumlah tanjakan, injakan, sudut kemiringan tangga, tebal pelat rata-rata, dan tebal rata-rata pelat tangga dihitung berdasarkan setengah tinggi dari tinggi antar lantai.

- Jumlah tanjakan (nt):

$$nt = \frac{275}{19} = 14.47 \approx 15 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan (n):

$$n = nt - 1 = 15 - 1 = 14 \text{ buah}$$

- Syarat perencanaan:

$$60 \text{ cm} \leq 2t+i \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 2 \cdot 19 + 27 \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

- Kemiringan tangga (α) = $\tan^{-1}\left(\frac{190}{383}\right) = 26.38^\circ$

- Tebal pelat tangga rata-rata(tr)

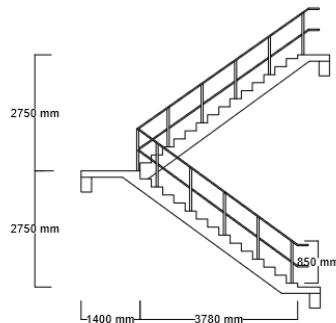
$$T \text{ rata-rata} = \left(\frac{i}{2}\right) \times \sin \alpha$$

$$= \left(\frac{27}{2}\right) \times \sin 26.38$$

$$= 6.0005 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal total} = 15 + 7$$

$$= 22 \text{ cm}$$



Gambar 4. 7 Potongan Tangga

Pembebanan pelat bordes dan anak tangga

a. Pembebanan Pelat Anak Tangga

- Beban mati

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} &= 0.22 \times 1 \times 2400 \times \frac{1}{\cos 26.38} \\ &= 589.42 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\text{Keramik} = 20.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 28.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Handraling} = \underline{10 \text{ kg/m}}$$

$$\text{Total} = 648.42 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$\text{Beban hidup pada tangga} = 479 \text{ kg/m}$$

- Beban ultimate

$$\begin{aligned}\text{Qult} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 648.42 + 1.6 \times 479 \\ &= 1544.51 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

b. Pembebanan Pelat Bordes

- Beban mati

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} &= 0.15 \times 2400 \\ &= 360 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\text{Keramik} = 20.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 28.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Handraling} = \underline{10 \text{ kg/m}}$$

$$\text{Total} = 419 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$\text{Beban hidup pada bordes} = 479 \text{ kg/m}$$

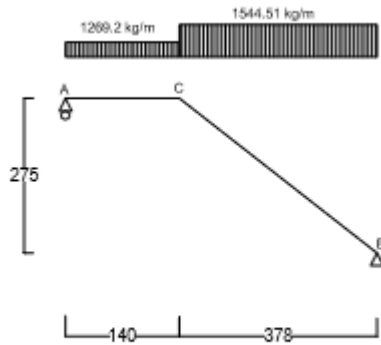
- Beban ultimate

$$\begin{aligned}\text{Qult} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 419 + 1.6 \times 479 \\ &= 1269.2 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

4.2.1.2.1. Analisa Struktur Tangga

a. Reaksi Perletakan Tangga

Analisa struktur tangga menggunakan metode statis tertentu dengan perletakan sendi-rol dengan kondisi pembebanan seperti pada Gambar 4. 8.



Gambar 4. 8 Pembebanan Pada Tangga

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = 5.18 R_a - 1269.2 \times 1.4 \times 4.48 - 1544.51 \times 3.78 \times 189$$

$$0 = 5.18 R_a - 18994.71$$

$$R_a = \frac{18994.71}{5.18}$$

$$R_a = 3666.93 \text{ kg}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = -R_b 5.18 + 1544.51 \times 3.78 \times 3.29 + 1269.2 \times 1.4 \times 0.7$$

$$0 = -R_b 5.18 + 20451.64$$

$$R_b = \frac{20451.64}{5.18}$$

$$R_b = 3948.19 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$-1269.2 \times 1.4 + 1544.5 \times 3.78 = 3666.93 + 3948.19$$

$$7615.12 = 7615.12 \quad (\text{OK})$$

b. Gaya Dalam Tangga

Akibat beban yang dibebankan pada tangga maka struktur tangga akan memiliki gaya-gaya akibat beban yang dibebankan seperti gaya normal, gaya lintang serta momen. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan gaya-gaya tersebut.

- Gaya lintang

$0 \leq x_1 \leq 1.4$ m (dari kiri)

$$Dx_1 = Ra - 1269.2 x_1$$

$$Dx_1 = 3666.93 - 1269.2 x_1$$

$$X_1 = 0 \text{ m}, Dx_1 = 3666.93 \text{ kg}$$

$$X_1 = 0.8 \text{ m}, Dx_1 = 2651.57.4 \text{ kg}$$

$$X_1 = 1.4 \text{ m}, Dx_1 = 1890.05 \text{ kg}$$

$0 \leq x_2 \leq 3.78$ (dari kanan)

$$Dx_2 = -Rb \cos \alpha + 1544.51 \cos \alpha x_2$$

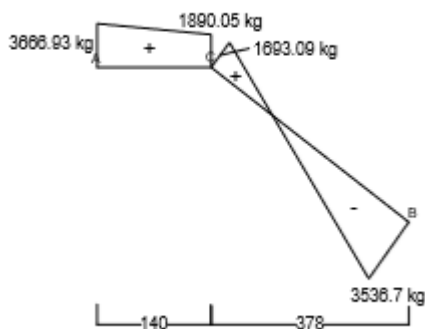
$$Dx_2 = -3948.2 x 0.896 + 1544.51 x 0.896 x_2$$

$$X_2 = 0 \text{ m}, Dx_2 = -3948.2 \text{ kg}$$

$$X_2 = 1.8 \text{ m}, Dx_2 = -1046.4 \text{ kg}$$

$$X_2 = 2.6 \text{ m}, Dx_2 = 60.49 \text{ kg}$$

$$X_2 = 3.78 \text{ m}, Dx_2 = 1693.09 \text{ kg}$$



Gambar 4. 9 Gaya Lintang Tangga

- Gaya momen

$0 \leq x_1 \leq 1.4$ m (dari kiri)

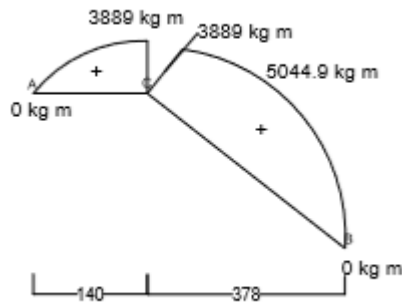
$$Mx_1 = Ra x_1 - 1269.2 x_1 0.5 x_1$$

$$Mx_1 = 3666.93 x_1 - 634.6 x_1^2$$

$$\begin{aligned}
 X_1 &= 0 \text{ m}, M_{X_1} = 0 \text{ kg m} \\
 X_1 &= 1 \text{ m}, M_{X_1} = 3032.33 \text{ kg m} \\
 X_1 &= 1.4 \text{ m}, M_{X_1} = 3889.89 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0 \leq x_2 &\leq 3.78 \text{ m (dari kanan)} \\
 M_{X_2} &= R_b x_2 - 1544.5 x_2 - 0.5 x_2^2 \\
 M_{X_2} &= -2887 x_2 - 772.25 x_2^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_2 &= 0 \text{ m}, M_{X_2} = 0 \text{ kg m} \\
 X_2 &= 1.8 \text{ m}, M_{X_2} = 4604.6 \text{ kg m} \\
 X_2 &= 3.78 \text{ m}, M_{X_2} = 3889.9 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 10 Gaya Momen Tangga

4.2.1.2.2. Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan kebutuhan tulangan tangga berdasarkan momen maksimum yang terjadi pada tiap bentang baik bagian pelat tangga maupun pelat bordes.

4.2.1.2.3. Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga

1) Data Perancangan Tulangan:

$$\begin{aligned}
 \text{Mu max} &= 5044.861 \text{ kg-m} \\
 &= 5044861 \text{ N-mm}
 \end{aligned}$$

Tebal pelat tangga = 220 mm

Tebal selimut beton = 20 mm

Diameter tulangan = 13 mm

Diameter susut = 10 mm

Mutu baja (f_y) = 390 MPa

Mutu beton (f_c') = 40 MPa

β_1 = 0.8

d = Tebal pelat – cover – 0.5 tulangan

$$= 220 - 20 - 0.5 \times 13$$

$$= 193.5 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = 0.0041 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0036$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.8 \times 40}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0.0423$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0423 = 0.0317$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan)}$$

2) Penulangan Lentur

$$\Phi = 0.9$$

$$R_n = \frac{M_{\max}}{b \times d^2} = \frac{50448613}{0.9 \times 1000 \times 193.5^2} = 1.497 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1.497}{390}} \right) = 0.003927$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$0.0041 \geq 0.003927$$

$$\text{Dipakai } \rho = 0.0041$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0041 \times 1000 \times 193.5$$

$$= 793.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{As tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 13^2$$

$$= 132.665 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{b \times \text{as tulangan}}{\text{As perlu}} = \frac{1000 \times 132.665}{793.5} = 167.2 \text{ mm}$$

Syarat

- $S \leq 3 \text{ hf} = 3 \times 220 = 660 \text{ mm}$
- $S \leq 450 \text{ mm}$

Maka dipakai $S = 150 \text{ mm}$ ($\text{As} = 884.43 \text{ mm}^2$)

$\text{As pakai} \geq \text{As perlu}$ (OK)

$884.43 \geq 793.5$ (OK)

Maka untuk penulangan lentur dipakai D13-150 mm

3) Kontrol regangan

- Kontrol Kondisi Penampang

$$a = \frac{\text{As} \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{884.43 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000}$$

$$= 10.145 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right)$$

$$= 0.85 - 0.05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right)$$

$$= 0.764$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10.145}{0.764} = 13.27 \text{ mm}$$

Syarat:

$$0.375 \text{ dt} > C$$

$$72.563 \text{ mm} > 13.27 \text{ mm} \text{ (Terkendali Tarik)}$$

4) Penulangan Geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut;

$$V_c = 0.17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times \sqrt{40} \times 2200 \times 193,5 = 457701,74 \text{ N}$$

$$0,5 \text{ } \phi \text{ } V_c = 0,5 \times 0,75 \times 457701,74 = 171638,15 \text{ N}$$

$$V_u = 3536,75 \text{ kg} = 35367,5 \text{ N} < 0,5 \text{ } \phi \text{ } V_c$$

Jadi tidak perlu penulangan geser

5) Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan;

$$\rho = 0,0018 \text{ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0018 \times 1000 \times 182 = 327,6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{327,6} = 239,62 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 5h = 5 \times 220 = 1100 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-200

6) Kontrol Lendutan

$\Delta_{ijin} > \Delta \text{ terjadi}$

$$\Delta \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e}$$

$$Q \text{ ijin} = DL + LL$$

$$= 648,42 + 479$$

$$= 1127,4 \text{ kg/m}$$

$$= 11,274 \text{ kg/cm}$$

$$Mu = 5044,86 \text{ kgm}$$

$$= 504486 \text{ kgcm}$$

$$Ec = 4700 \times \sqrt{f'c}$$

$$= 4700 \times \sqrt{40}$$

$$= 29725 \text{ n/mm}^2 = 297250 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 100 \times 10648$$

$$= 88733 \text{ cm}^4$$

$$Fr = 0,062 \times \lambda \times \sqrt{40}$$

$$= 0,3921 \text{ n/mm}^2$$

$$Y_t = 0,5 \times t$$

$$= 0,5 \times 22$$

$$\begin{aligned}
&= 11 \text{ cm} \\
M_{cr} &= \frac{f_r}{y_t} I_g \\
&= \frac{0.3921}{11} 88733 \\
&= 3163.1 \text{ kgcm} \\
L_{cr} &= \left(\frac{1}{3} \times b \times y_t^3 \right) + (A_s \text{ pasang} \times y_t^2) \\
&= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 11^3 \right) + (8.844 \times 11^2) \\
&= 45436.8 \text{ cm}^4 \\
I_e &= \frac{M_{cr}}{M_a} I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 L_{cr} \right) \\
&= \frac{3163.1}{504486} 88733 + \left(1 - \left(\frac{3163.1}{504486} \right)^3 45436 \right) \\
&= 45993.2 \text{ cm}^4 \\
\Delta \text{ terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e} \\
&= 0.51268 \text{ cm} \\
\Delta \text{ ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{467.45}{360} = 1.29 \text{ cm} \\
\text{Syarat:} \\
\Delta \text{ ijin} &= 1.298 \text{ cm} > \Delta \text{ terjadi} = 0.5126 \text{ cm (OK)}
\end{aligned}$$

4.2.1.2.4. Perhitungan Penulangan Bordex

1) Data Perencanaan

$$\begin{aligned}
\mu &= 3889.88 \text{ kgm} \\
\text{Tebal Pelat Bordex} &= 15 \text{ cm} \\
\text{Tebal Decking} &= 20 \text{ mm} \\
D \text{ tulangan} &= 13 \text{ mm} \\
D \text{ tulangan Susut} &= 10 \text{ mm} \\
\text{Mutu Tulangan Baja} &= 390 \text{ Mpa} \\
\text{Mutu Beton} &= 40 \text{ Mpa} \\
\beta_1 &= 0.8 \\
d &= \text{Tebal pelat} - \text{cover} - 0.5 \times \text{tulangan} \\
&= 150 - 20 - 0.5 \times 13 \\
&= 123.5 \text{ mm}
\end{aligned}$$

2) Penulangan Lentur

$$\Phi = 0.9$$

$$R_n = \frac{Mu}{\Phi \times b \times d^2} = \frac{38898880}{0.9 \times 1000 \times 123.5^2} = 2.834$$

$$M = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.471$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 2.834}{390}} \right) = 0.0076$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$0.0041 \leq 0.0076 \leq 0.0317$$

Dipakai $\rho = 0.0076$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0076 \times 1000 \times 123.5 \\ &= 938.23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 13^2 \\ &= 132.665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S = \frac{b \times \text{as tulangan}}{\text{As perlu}} = \frac{1000 \times 132.665}{938.23} = 141.3 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 3 h_f = 3 \times 150 = 450 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Maka dipakai $S = 100 \text{ mm}$ ($\text{As} = 1326.65 \text{ mm}^2$)

As pakai \geq As perlu (OK)

$1326.65 \geq 938.23$ (OK)

Maka untuk penulangan lentur dipakai D13-100 mm

3) Kontrol Regangan

- Kontrol Kondisi Penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{1326.65 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} \\
 &= 15.22 \text{ mm} \\
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \\
 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right) \\
 &= 0.764
 \end{aligned}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{15.22}{0.764} = 19.91 \text{ mm}$$

Syarat:

$$0.375 d_t > C$$

$$46.313 \text{ mm} > 19.91 \text{ mm (Terkendali Tarik)}$$

4) Penulangan Geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut;

$$V_c = 0.17 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$= 0.17 \times \sqrt{40} \times 1000 \times 123.5 = 132784.04 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 0.5 \times 0.75 \times 132784.03 = 49794.014 \text{ N}$$

$$V_u = 3666.93 \text{ kg} = 36669.3 \text{ N} < 0.5 \phi V_c$$

Jadi tidak perlu penulangan geser

5) Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan;

$$\rho = 0.0018 \text{ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 0.0018 \times 1000 \times 112 = 201.6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{201.6} = 389.38 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 5h = 5 \times 150 = 750 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-300

6) Kontrol Lendutan

 $\Delta_{ijin} > \Delta$ terjadi

$$\Delta \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e}$$

$$Q \text{ ijin} = DL + LL$$

$$= 419 + 479$$

$$= 898 \text{ kg/m}$$

$$= 8.98 \text{ kg/cm}$$

$$Mu = 3889.89 \text{ kgm}$$

$$= 388989 \text{ kgcm}$$

$$Ec = 4700 \times \sqrt{f'_c}$$

$$= 4700 \times \sqrt{40}$$

$$= 29725 \text{ n/mm}^2 = 297250 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 100 \times 3375$$

$$= 28125 \text{ cm}^4$$

$$Fr = 0.062 \times \lambda \times \sqrt{40}$$

$$= 0.3921 \text{ n/mm}^2$$

$$Y_t = 0.5 \times t$$

$$= 0.5 \times 15$$

$$= 7.5 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r}{y_t} I_g$$

$$= \frac{0.3921}{7.5} 28125$$

$$= 1470.5 \text{ kgcm}$$

$$L_{cr} = \left(\frac{1}{3} \times b \times y_t^3 \right) + (A_s \text{ pasang} \times y_t^2)$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 7.5^3 \right) + (13.27 \times 7.5^2)$$

$$= 14808.7 \text{ cm}^4$$

$$I_e = \frac{M_{cr}}{M_a} I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 L_{cr} \right)$$

$$= \frac{1470.5}{388989} 28125 + \left(1 - \left(\frac{1470.5}{388989} \right)^3 14808 \right)$$

$$= 1491501 \text{ cm}^4$$

$$\Delta \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e} = 0.01013 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{ ijin} = \frac{L}{360} = \frac{140}{360} = 0.3889 \text{ cm}$$

Syarat:

$$\Delta \text{ ijin} = 0.3889 \text{ cm} > \Delta \text{ terjadi} = 0.01013 \text{ cm (OK)}$$

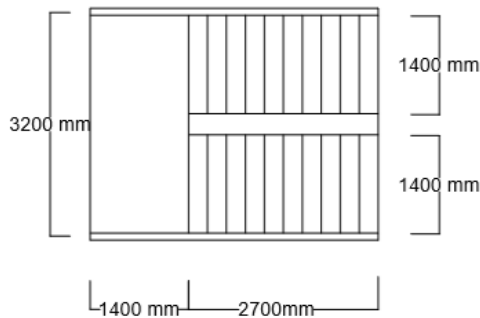
Tabel 4. 2 Rekap Penulangan Tangga

Nama Struktur	Tulangan		
	Lentur	Susut	Bagi
Pelat Tangga	D13-150	D10-200	D10-200
Pelat Bordes	D13-100	D10-300	D10-300

4.2.1.3. Tangga dengan Ketinggian 400 cm

Tangga akan didesain dengan meletakkan pelat bordes pada setengah tinggi antar lantai dengan denah tangga seperti pada Gambar 4.11 data desain sebagai berikut:

- Mutu beton (f'_c) = 40 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 390 Mpa
- Tinggi lantai = 400 cm
- Panjang bordes = 320 cm
- Lebar bordes = 140 cm
- Lebar injakan (i) = 27 cm
- Tinggi injakan (t) = 19 cm
- Lebar tangga = 140 cm
- Tebal selimut beton = 20 cm
- Lebar horizontal tangga = 270 cm
- Jumlah injakan = 10 Buah
- Jumlah tanjakan = 11 Buah
- Jumlah tanjakan ke bordes = 11 Buah
- Jumlah tanjakan bordes ke lantai 2 = 11 Buah
- Elevasi bordes = 200 cm



Gambar 4. 11 Denah Tangga

Dengan acuan Gambar Denah Tangga di atas, untuk jumlah tanjakan, injakan, sudut kemiringan tangga, tebal pelat rata-rata, dan tebal rata-rata pelat tangga dihitung berdasarkan setengah tinggi dari tinggi antar lantai.

- Jumlah tanjakan (nt):

$$nt = \frac{200}{19} = 10.53 \approx 11 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan (n):

$$n = nt - 1 = 11 - 1 = 10 \text{ buah}$$

- Syarat perencanaan:

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 2 \cdot 19 + 27 \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm (OK)}$$

- Kemiringan tangga (α) = $\tan^{-1}\left(\frac{190}{383}\right) = 26.38^\circ$

- Tebal pelat tangga rata-rata(tr)

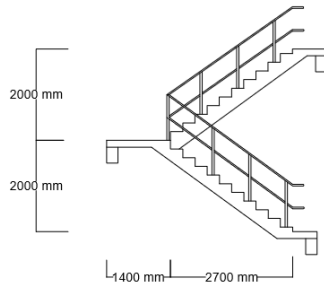
$$T \text{ rata-rata} = \left(\frac{i}{2}\right) \times \sin \alpha$$

$$= \left(\frac{27}{2}\right) \times \sin 26.38$$

$$= 6.0005 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal total} = 15 + 7$$

$$= 22 \text{ cm}$$



Gambar 4. 12 Potongan Tangga

Pembebanan pelat bordes dan anak tangga

a. Pembebanan Pelat Anak Tangga

- Beban mati

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} &= 0.22 \times 1 \times 2400 \times \frac{1}{\cos 26.38} \\ &= 589.42 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\text{Keramik} = 20.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 28.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Handraling} = 10 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 648.42 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$\text{Beban hidup pada tangga} = 479 \text{ kg/m}$$

- Beban ultimate

$$\begin{aligned}\text{Qult} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 648.42 + 1.6 \times 479 \\ &= 1544.51 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

b. Pembebanan Pelat Bordes

- Beban mati

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} &= 0.15 \times 2400 \\ &= 360 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\text{Keramik} = 20.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 28.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Handraling} = 10 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 419 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup
Beban hidup pada bordes 479 kg/m
- Beban ultimate

$$Q_{ult} = 1.2 DL + 1.6 LL$$

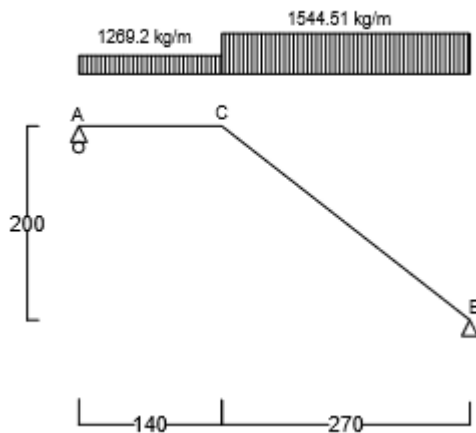
$$= 1.2 \times 419 + 1.6 \times 479$$

$$= 1269.2 \text{ kg/m}$$

4.2.1.3.1. Analisa Struktur Tangga

a. Reaksi Perletakan Tangga

Analisa struktur tangga menggunakan metode statis tertentu dengan perletakan sendi-rol dengan kondisi pembebanan seperti pada Gambar 4. 13.



Gambar 4. 13 Pembebanan Pada Tangga

$$\begin{aligned} \sum M_b &= 0 \\ 0 &= 4.1 R_a - 1269.2 \times 1.4 \times 3.4 - 1544.51 \times 2.7 \times 1.35 \\ 0 &= 4.1 R_a - 11671.13 \\ R_a &= \frac{11671.13}{4.1} \\ R_a &= 2846.62 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = -R_b 4.1 + 1544.51 \times 2.7 \times 2.75 + 1269.2 \times 1.4 \times 0.7$$

$$0 = -R_b 4.1 + 12711.796$$

$$R_b = \frac{12711.796}{4.1}$$

$$R_b = 3100.44 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$-1269.2 \times 1.4 + 1544.51 \times 2.7 = 3100.44 + 2846.62$$

$$5947.06 = 5947.06 \quad (\text{OK})$$

b. Gaya Dalam Tangga

Akibat beban yang dibebankan pada tangga maka struktur tangga akan memiliki gaya-gaya akibat beban yang dibebankan seperti gaya normal, gaya lintang serta momen. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan gaya-gaya tersebut.

- Gaya lintang

$$0 \leq x_1 \leq 1.4 \text{ m (dari kiri)}$$

$$D_{x_1} = R_a - 1269.2 x_1$$

$$D_{x_1} = 2846.62 - 1269.2 x_1$$

$$X_1 = 0 \text{ m}, D_{x_1} = 2846.62 \text{ kg}$$

$$X_1 = 0.8 \text{ m}, D_{x_1} = 1831.26 \text{ kg}$$

$$X_1 = 1.4 \text{ m}, D_{x_1} = 1069.74 \text{ kg}$$

$$0 \leq x_2 \leq 2.7 \text{ (dari kanan)}$$

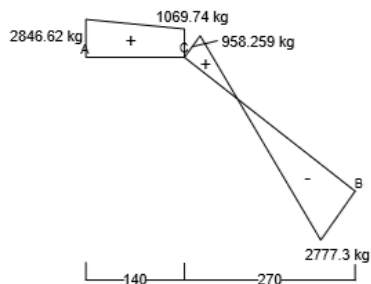
$$D_{x_2} = -R_b \cos \alpha + 1544.51 \cos \alpha x_2$$

$$D_{x_2} = -3100.4 \times 0.896 + 1544.51 \times 0.896 x_2$$

$$X_2 = 0 \text{ m}, D_{x_2} = -2777.34 \text{ kg}$$

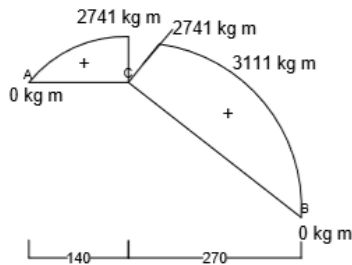
$$X_2 = 1.8 \text{ m}, D_{x_2} = -286.94 \text{ kg}$$

$$X_2 = 2.7 \text{ m}, D_{x_2} = 958.26 \text{ kg}$$



Gambar 4. 14 Gaya Lintang Tangga

- Gaya momen
 - $0 \leq x_1 \leq 1.4 \text{ m}$ (dari kiri)
 - $M_{x_1} = R_a x_1 - 1269.2 x_1 0.5 x_1$
 - $M_{x_1} = 2846.62 x_1 - 634.6 x_1^2$
 - $X_1 = 0 \text{ m}, M_{x_1} = 0 \text{ kg m}$
 - $X_1 = 1 \text{ m}, M_{x_1} = 2212.02 \text{ kg m}$
 - $X_1 = 1.4 \text{ m}, M_{x_1} = 2741.45 \text{ kg m}$
 - $0 \leq x_2 \leq 2.7 \text{ m}$ (dari kanan)
 - $M_{x_2} = R_b x_2 - 1544.5 x_2 0.5 x_2$
 - $M_{x_2} = - 3100.4 x_2 - 772.25 x_2^2$
 - $X_2 = 0 \text{ m}, M_{x_2} = 0 \text{ kg m}$
 - $X_2 = 1.8 \text{ m}, M_{x_2} = 3078.7 \text{ kg m}$
 - $X_2 = 2.7 \text{ m}, M_{x_2} = 2741.4 \text{ kg m}$



Gambar 4. 15 Gaya Momen Tangga

4.2.1.3.2. Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan kebutuhan tulangan tangga berdasarkan momen maksimum yang terjadi pada tiap bentang baik bagian pelat tangga maupun pelat bordes.

4.2.1.3.3. Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga

1) Data Perancangan Tulangan:

$$\begin{aligned} \mu_{\max} &= 3111.86 \text{ kg-m} \\ &= 31118580 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat tangga} = 220 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter susut} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja } (f_y) = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu beton } (f_c') = 40 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$$d = \text{Tebal pelat} - \text{cover} - 0.5 \text{ tulangan}$$

$$= 220 - 20 - 0.5 \times 13$$

$$= 193.5 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = 0.0041 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0036$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,0423$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0423 = 0,0317$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan)}$$

2) Penulangan Lentur

$$\Phi = 0.9$$

$$R_n = \frac{M_{\max}}{b \times d^2} = \frac{31118580}{0,9 \times 1000 \times 193,5^2} = 0.923 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 40} = 11.47$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 0.923}{390}} \right) = 0.0024$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$0.0041 \geq 0.0024$$

$$\text{Dipakai } \rho = 0.0041$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0041 \times 1000 \times 193.5 \\ &= 793.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 13^2 \\ &= 132.665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S = \frac{b \times A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}} = \frac{1000 \times 132.665}{793.5} = 167.2 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 3 h_f = 3 \times 220 = 660 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

$$\text{Maka dipakai } S = 150 \text{ mm } (A_s = 884.43 \text{ mm}^2)$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ perlu} \quad (\text{OK})$$

$$884.43 \geq 793.5 \quad (\text{OK})$$

Maka untuk penulangan lentur dipakai D13-150 mm

3) Kontrol Regangan

- Kontrol Kondisi Penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{\frac{0.85 \times f'_c \times b}{884.43 \times 390}} \\
 &= \frac{0.85 \times 40 \times 1000}{884.43 \times 390} \\
 &= 10.145 \text{ mm} \\
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \\
 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right) \\
 &= 0.764
 \end{aligned}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10.145}{0.764} = 13.27 \text{ mm}$$

Syarat:

$$0.375 d_t > C$$

$$72.563 \text{ mm} > 13.27 \text{ mm (Terkendali Tarik)}$$

4) Penulangan Geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut:

$$V_c = 0.17 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$= 0.17 \times \sqrt{40} \times 2200 \times 193.5 = 457701.74 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 0.5 \times 0.75 \times 457701.74 = 171638.15 \text{ N}$$

$$V_u = 2846.62 \text{ kg} = 28466.2 \text{ N} < 0.5 \phi V_c$$

Jadi tidak perlu penulangan geser

5) Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan;

$$\rho = 0.0018 \text{ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 0.0018 \times 1000 \times 182 = 327.6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{327.6} = 239.62 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 5h = 5 \times 220 = 1100 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-200

6) Kontrol Lendutan

$\Delta_{ijin} > \Delta$ terjadi

$$\Delta \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e}$$

$$Q \text{ ijin} = DL + LL$$

$$= 648.42 + 479$$

$$= 1127.4 \text{ kg/m}$$

$$= 11.274 \text{ kg/cm}$$

$$Mu = 3111.86 \text{ kgm}$$

$$= 311186 \text{ kgcm}$$

$$Ec = 4700 \times \sqrt{f'c}$$

$$= 4700 \times \sqrt{40}$$

$$= 29725 \text{ n/mm}^2 = 297250 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 100 \times 10648$$

$$= 88733 \text{ cm}^4$$

$$Fr = 0.062 \times \lambda \times \sqrt{40}$$

$$= 0.3921 \text{ n/mm}^2$$

$$Yt = 0.5 \times t$$

$$= 0.5 \times 22$$

$$= 11 \text{ cm}$$

$$Mcr = \frac{fr}{yt} I_g$$

$$= \frac{0.3921}{11} 88733$$

$$= 3163.1 \text{ kgcm}$$

$$Lcr = \left(\frac{1}{3} \times b \times yt^3 \right) + (As \text{ pasang} \times yt^2)$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 11^3 \right) + (8.844 \times 11^2)$$

$$= 45436.8 \text{ cm}^4$$

$$I_e = \frac{Mcr}{Ma} I_g + \left(1 - \left(\frac{Mcr}{Ma} \right)^3 Lcr \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3163.1}{311186} 88733 + \left(1 - \left(\frac{3163.1}{311185}\right)^3 45436\right) \\
 &= 46338.7 \text{ cm}^4 \\
 \Delta \text{ terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e} \\
 &= 0.136 \text{ cm} \\
 \Delta \text{ ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{336.006}{360} = 0.933 \text{ cm} \\
 \text{Syarat:} \\
 \Delta \text{ ijin} &= 0.933 \text{ cm} > \Delta \text{ terjadi} = 0.136 \text{ cm (OK)}
 \end{aligned}$$

4.2.1.3.4. Perhitungan Penulangan Bordex

1) Data Perencanaan

$$\begin{aligned}
 \text{Mu} &= 2741.447 \text{ kgm} \\
 \text{Tebal Pelat Bordex} &= 15 \text{ cm} \\
 \text{Tebal Decking} &= 20 \text{ mm} \\
 \text{D tulangan} &= 13 \text{ mm} \\
 \text{D tulangan Susut} &= 10 \text{ mm} \\
 \text{Mutu Tulangan Baja} &= 390 \text{ Mpa} \\
 \text{Mutu Beton} &= 40 \text{ Mpa} \\
 \beta_1 &= 0.8 \\
 d &= \text{Tebal pelat -cover-0.5 tulangan} \\
 &= 150 - 20 - 0.5 \times 13 \\
 &= 123.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2) Penulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 \Phi &= 0.9 \\
 R_n &= \frac{\text{Mu}}{\Phi \times b \times d^2} = \frac{27414472}{0.9 \times 1000 \times 123.5^2} = 1.997 \\
 M &= \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} \\
 &= \frac{390}{0.85 \times 40} \\
 &= 11.471 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1.997}{390}} \right) = 0.0053
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$0.0041 \leq 0.0053 \leq 0.0317$$

Dipakai $\rho = 0.0053$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0053 \times 1000 \times 123.5 \\ &= 652.17 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 13^2 \\ &= 132.665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S = \frac{b \times \text{as tulangan}}{\text{As perlu}} = \frac{1000 \times 132.665}{652.17} = 203.4 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 3 h_f = 3 \times 150 = 450 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Maka dipakai $S = 200 \text{ mm}$ ($\text{As} = 663.325 \text{ mm}^2$)

As pakai \geq As perlu (OK)

$$663.325 \geq 652.17 \text{ (OK)}$$

Maka untuk penulangan lentur dipakai D13-200 mm

3) Kontrol Regangan

- Kontrol Kondisi Penampang

$$\begin{aligned} a &= \frac{\text{As} \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{663.325 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} \\ &= 7.61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \\ &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right) \\ &= 0.764 \end{aligned}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7.61}{0.764} = 9.96 \text{ mm}$$

Syarat:

$$0.375 d_t > C$$

$$46.313 \text{ mm} > 9.96 \text{ mm (Terkendali Tarik)}$$

4) Penulangan Geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut;

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times \sqrt{40} \times 1000 \times 123,5 = 132784,04 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 132784,03 = 49794,014 \text{ N}$$

$$V_u = 2777,34 \text{ kg} = 27773,4 \text{ N} < 0,5 \phi V_c$$

Jadi tidak perlu penulangan geser

5) Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan;

$$\rho = 0,0018 \text{ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0018 \times 1000 \times 112 = 201,6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{201,6} = 389,38 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 5h = 5 \times 150 = 750 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-300

6) Kontrol Lendutan

$\Delta_{ijin} > \Delta \text{ terjadi}$

$$\Delta \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{ijin} \times L^4}{E \times I_e}$$

$$Q_{ijin} = DL + LL$$

$$= 419 + 479$$

$$= 898 \text{ kg/m}$$

$$= 8,98 \text{ kg/cm}$$

$$Mu = 2741,45 \text{ kgm}$$

$$= 274145 \text{ kgcm}$$

$$Ec = 4700 \times \sqrt{f'_c}$$

$$= 4700 \times \sqrt{40}$$

$$= 29725,4 \text{ n/mm}^2 = 297254 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 100 \times 3375$$

$$\begin{aligned}
 &= 28125 \text{ cm}^4 \\
 Fr &= 0.062 \times \lambda \times \sqrt{40} \\
 &= 0.3921 \text{ n/mm}^2 \\
 Y_t &= 0.5 \times t \\
 &= 0.5 \times 15 \\
 &= 7.5 \text{ cm} \\
 M_{cr} &= \frac{f_r}{Y_t} I_g \\
 &= \frac{0.3921}{7.5} 28125 \\
 &= 1470.5 \text{ kgcm} \\
 L_{cr} &= \left(\frac{1}{3} \times b \times Y_t^3 \right) + (A_s \text{ pasang} \times Y_t^2) \\
 &= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 7.5^3 \right) + (6.63 \times 7.5^2) \\
 &= 14435.6 \text{ cm}^4 \\
 I_e &= \frac{M_{cr}}{M_a} I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 L_{cr} \right) \\
 &= \frac{1470.5}{274145} 28125 + \left(1 - \left(\frac{1470.5}{274145} \right)^3 14435 \right) \\
 &= 14586.5 \text{ cm}^4 \\
 \Delta \text{ terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e} \\
 &= 0.01036 \text{ cm} \\
 \Delta \text{ ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{140}{360} = 0.3889 \text{ cm} \\
 \text{Syarat:} \\
 \Delta \text{ ijin} &= 0.3889 \text{ cm} > \Delta \text{ terjadi} = 0.01036 \text{ cm (OK)}
 \end{aligned}$$

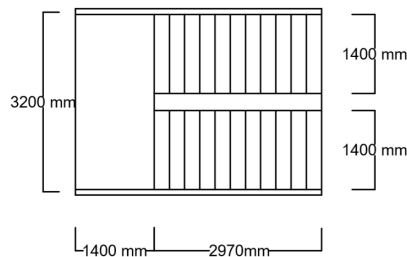
Tabel 4. 3 Rekap Penulangan Tangga

Nama Struktur	Tulangan		
	Lentur	Susut	Bagi
Pelat Tangga	D13-150	D10-200	D10-200
Pelat Bordes	D13-200	D10-300	D10-300

4.2.1.4. Tangga dengan Ketinggian 450 cm

Tangga akan didesain dengan meletakkan pelat bordes pada setengah tinggi antar lantai dengan denah tangga seperti pada Gambar 4.16 data desain sebagai berikut:

- Mutu beton ($f'c$) = 40 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 390 Mpa
- Tinggi lantai = 450 cm
- Panjang bordes = 320 cm
- Lebar bordes = 140 cm
- Lebar injakan (i) = 27 cm
- Tinggi injakan (t) = 19 cm
- Lebar tangga = 140 cm
- Tebal selimut beton = 20 cm
- Lebar horizontal tangga = 297 cm
- Jumlah injakan = 11 Buah
- Jumlah tanjakan = 12 Buah
- Jumlah tanjakan ke bordes = 12 Buah
- Jumlah tanjakan bordes ke lantai 2 = 12 Buah
- Elevasi bordes = 225 cm



Gambar 4. 16 Denah Tangga

Dengan acuan Gambar Denah Tangga di atas, untuk jumlah tanjakan, injakan, sudut kemiringan tangga, tebal pelat rata-rata, dan tebal rata-rata pelat tangga dihitung berdasarkan setengah tinggi dari tinggi antar lantai.

- Jumlah tanjakan (nt):

$$nt = \frac{225}{19} = 11.84 \approx 12 \text{ buah}$$
- Jumlah injakan (n):

$$n = nt - 1 = 12 - 1 = 11 \text{ buah}$$
- Syarat perencanaan:

$$60 \text{ cm} \leq 2t+i \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 2 \cdot 19 + 27 \leq 65 \text{ cm}$$

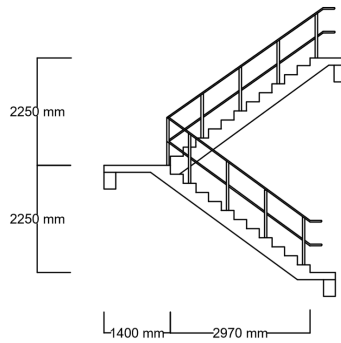
$$60 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm (OK)}$$
- Kemiringan tangga (α) = $\tan^{-1}\left(\frac{190}{383}\right) = 26.38^\circ$
- Tebal pelat tangga rata-rata(tr)

$$T \text{ rata-rata} = \left(\frac{i}{2}\right) \times \sin \alpha$$

$$= \left(\frac{27}{2}\right) \times \sin 26.38$$

$$= 6.0005 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm}$$
- Tebal total = $15 + 7$

$$= 22 \text{ cm}$$



Gambar 4. 17 Potongan Tangga

Pembebanan pelat bordes dan anak tangga

a. Pembebanan Pelat Anak Tangga

- Beban mati

$$\text{Berat sendiri} = 0.22 \times 1 \times 2400 \times \frac{1}{\cos 26.38}$$

$$\begin{array}{rcl}
 & & = 589.42 \text{ kg/m} \\
 \text{Keramik} & = & 20.5 \text{ kg/m} \\
 \text{Spesi} & = & 28.5 \text{ kg/m} \\
 \text{Handraling} & = & \underline{10 \text{ kg/m}} \\
 \text{Total} & = & 648.42 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

- Beban hidup
Beban hidup pada tangga = 479 kg/m
- Beban ultimate
Qult = 1.2 DL + 1.6 LL
= 1.2 x 648.42 + 1.6 x 479
= 1544.51 kg/m

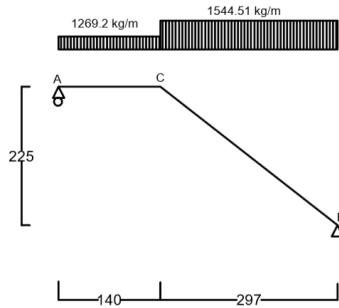
b. Pembebanan Pelat Bordes

- Beban mati
Berat sendiri = 0.15 x 2400
= 360 kg/m
Keramik = 20.5 kg/m
Spesi = 28.5 kg/m
Handraling = 10 kg/m
Total = 419 kg/m
- Beban hidup
Beban hidup pada bordes 479 kg/m
- Beban ultimate
Qult = 1.2 DL + 1.6 LL
= 1.2 x 419 + 1.6 x 479
= 1269.2 kg/m

4.2.1.4.1. Analisa Struktur Tangga

a. Reaksi Perletakan Tangga

Analisa struktur tangga menggunakan metode statis tertentu dengan perletakan sendi-rol dengan kondisi pembebanan seperti pada Gambar 4. 18.



Gambar 4. 18 Pembebanan Pada Tangga

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = 4.37 R_a - 1269.2 \times 1.4 \times 3.67 - 1544.51 \times 2.97 \times 1.485$$

$$0 = 4.37 R_a - 13333.13$$

$$R_a = \frac{13333.13}{4.37}$$

$$R_a = 3051.06 \text{ kg}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = -R_b 4.37 + 1544.51 \times 2.97 \times 2.885 + 1269.2 \times 1.4 \times 0.7$$

$$0 = -R_b 4.37 + 14477.865$$

$$R_b = \frac{14477.865}{4.37}$$

$$R_b = 3313.01 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$-1269.2 \times 1.4 + 1544.5 \times 2.7 = 3313.01 + 3051.06$$

$$6364.07 = 6364.07 \quad (\text{OK})$$

b. Gaya Dalam Tangga

Akibat beban yang dibebankan pada tangga maka struktur tangga akan memiliki gaya-gaya akibat beban yang dibebankan seperti gaya normal, gaya lintang serta momen. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan gaya-gaya tersebut.

- Gaya lintang

$0 \leq x_1 \leq 1.4$ m (dari kiri)

$$Dx_1 = Ra - 1269.2 x_1$$

$$Dx_1 = 3051.06 - 1269.2 x_1$$

$$X_1 = 0 \text{ m}, Dx_1 = 3051.06 \text{ kg}$$

$$X_1 = 0.8 \text{ m}, Dx_1 = 2035.7 \text{ kg}$$

$$X_1 = 1.4 \text{ m}, Dx_1 = 1274.18 \text{ kg}$$

$0 \leq x_2 \leq 2.97$ (dari kanan)

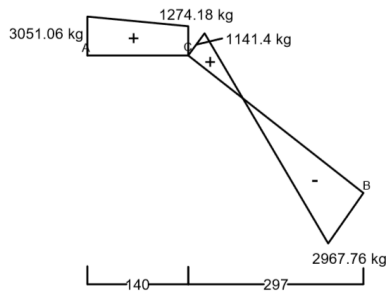
$$Dx_2 = -Rb \cos \alpha + 1544.51 \cos \alpha x_2$$

$$Dx_2 = -3313 \times 0.896 + 1544.51 \times 0.896 x_2$$

$$X_2 = 0 \text{ m}, Dx_2 = -2967.8 \text{ kg}$$

$$X_2 = 1.8 \text{ m}, Dx_2 = -477.36 \text{ kg}$$

$$X_2 = 2.97 \text{ m}, Dx_2 = 1141.4 \text{ kg}$$



Gambar 4. 19 Gaya Lintang Tangga

- Gaya momen

$0 \leq x_1 \leq 1.4$ m (dari kiri)

$$Mx_1 = Ra x_1 - 1269.2 x_1 \cdot 0.5 x_1$$

$$Mx_1 = 3051.06 x_1 - 634.6 x_1^2$$

$$X_1 = 0 \text{ m}, Mx_1 = 0 \text{ kg m}$$

$$X_1 = 1 \text{ m}, Mx_1 = 2416.46 \text{ kg m}$$

$$X_1 = 1.4 \text{ m}, M_{X_1} = 3027.67 \text{ kg m}$$

$$0 \leq x_2 \leq 2.97 \text{ m (dari kanan)}$$

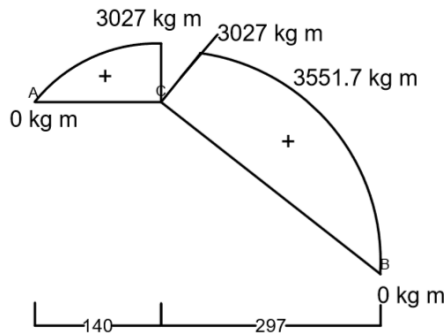
$$M_{X_2} = R_b x_2 - 1544.5 x_2 - 0.5 x_2^2$$

$$M_{X_2} = -3313 x_2 - 772.25 x_2^2$$

$$X_2 = 0 \text{ m}, M_{X_2} = 0 \text{ kg m}$$

$$X_2 = 1.8 \text{ m}, M_{X_2} = 3461.3 \text{ kg m}$$

$$X_2 = 2.97 \text{ m}, M_{X_2} = 3027.7 \text{ kg m}$$



Gambar 4. 20 Gaya Momen Tangga

4.2.1.4.2. Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan kebutuhan tulangan tangga berdasarkan momen maksimum yang terjadi pada tiap bentang baik bagian pelat tangga maupun pelat bordes.

4.2.1.4.3. Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga

1) Data perancangan Tulangan:

Mu max	= 3551.684 kg-m
	= 35516840 N-mm
Tebal pelat tangga	= 220 mm
Tebal selimut beton	= 20 mm
Diameter tulangan	= 13 mm
Diameter susut	= 10 mm

$$\text{Mutu baja (f}_y\text{)} = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu beton (f}_c'\text{)} = 40 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$$\begin{aligned} d &= \text{Tebal pelat} - \text{cover} - 0.5 \text{ tulangan} \\ &= 220 - 20 - 0.5 \times 13 \\ &= 193.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} = 0.0041 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0036$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 40}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0.0423 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0423 = 0.0317$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan)}$$

2) Penulangan Lentur

$$\Phi = 0.9$$

$$R_n = \frac{M_{\max}}{b \times d^2} = \frac{35516840}{0.9 \times 1000 \times 193.5^2} = 1.054 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1.054}{390}} \right) = 0.00275 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$0.0041 \geq 0.00275$$

$$\text{Dipakai } \rho = 0.0041$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0041 \times 1000 \times 193.5 \\ &= 793.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 13^2 \\
 &= 132.665 \text{ mm}^2 \\
 S &= \frac{b \times \text{as tulangan}}{\text{As perlu}} = \frac{1000 \times 132.665}{793.5} = 167.2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

- $S \leq 3 h_f = 3 \times 220 = 660 \text{ mm}$
- $S \leq 450 \text{ mm}$

Maka dipakai $S = 150 \text{ mm}$ ($A_s = 884.43 \text{ mm}^2$)

As pakai \geq As perlu (OK)

$884.43 \geq 793.5$ (OK)

Maka untuk penulangan lentur dipakai D13-150 mm

3) Kontrol Regangan

- Kontrol Kondisi Penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{884.43 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} \\
 &= 10.145 \text{ mm} \\
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \\
 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right) \\
 &= 0.764
 \end{aligned}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10.145}{0.764} = 13.27 \text{ mm}$$

Syarat:

$$0.375 d_t > C$$

$$72.563 \text{ mm} > 13.27 \text{ mm} \text{ (Terkendali Tarik)}$$

4) Penulangan Geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut;

$$V_c = 0.17 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$= 0.17 \times \sqrt{40} \times 2200 \times 193.5 = 457701.74 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 0.5 \times 0.75 \times 457701.74 = 171638.15 \text{ N}$$

$$V_u = 2967.76 \text{ kg} = 29677.6 \text{ N} < 0.5 \phi V_c$$

Jadi tidak perlu penulangan geser

5) Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan;

$\rho = 0,0018$ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)

As perlu = $0,0018 \times 1000 \times 182 = 327.6 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{327.6} = 239.62 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 5h = 5 \times 220 = 1100 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-200

6) Kontrol Lendutan

$\Delta_{ijin} > \Delta_{terjadi}$

$$\Delta_{terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{ijin} \times L^4}{E \times I_e}$$

$$Q_{ijin} = DL + LL$$

$$= 648.42 + 479$$

$$= 1127.4 \text{ kg/m}$$

$$= 11.274 \text{ kg/cm}$$

$$Mu = 3551.68 \text{ kgm}$$

$$= 3551680 \text{ kgcm}$$

$$Ec = 4700 \times \sqrt{f'_c}$$

$$= 4700 \times \sqrt{40}$$

$$= 29725 \text{ n/mm}^2 = 297250 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 100 \times 10648$$

$$= 88733 \text{ cm}^4$$

$$Fr = 0.062 \times \lambda \times \sqrt{40}$$

$$= 0.3921 \text{ n/mm}^2$$

$$Y_t = 0.5 \times t$$

$$= 0.5 \times 22$$

$$= 11 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = \frac{fr}{yt} I_g$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0.3921}{11} 88733 \\
&= 3163.1 \text{ kgcm} \\
Lcr &= \left(\frac{1}{3} \times b \times y t^3 \right) + (As \text{ pasang} \times y t^2) \\
&= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 11^3 \right) + (8.844 \times 11^2) \\
&= 45436.8 \text{ cm}^4 \\
Ie &= \frac{Mcr}{Ma} I_g + \left(1 - \left(\frac{Mcr}{Ma} \right)^3 Lcr \right) \\
&= \frac{3163.1}{355168} 88733 + \left(1 - \left(\frac{3163.1}{355168} \right)^3 45436 \right) \\
&= 46227.1 \text{ cm}^4 \\
\Delta \text{ terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times Ie} \\
&= 0.206 \text{ cm} \\
\Delta \text{ ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{372.6}{360} = 1.035 \text{ cm} \\
\text{Syarat:} \\
\Delta \text{ ijin} &= 1.035 \text{ cm} > \Delta \text{ terjadi} = 0.206 \text{ cm (OK)}
\end{aligned}$$

4.2.1.4.4. Perhitungan Penulangan Bordex

1) Data Perencanaan

$$\begin{aligned}
Mu &= 3027.667 \text{ kgm} \\
\text{Tebal Pelat Bordex} &= 15 \text{ cm} \\
\text{Tebal Decking} &= 20 \text{ mm} \\
D \text{ tulangan} &= 13 \text{ mm} \\
D \text{ tulangan Susut} &= 10 \text{ mm} \\
\text{Mutu Tulangan Baja} &= 390 \text{ Mpa} \\
\text{Mutu Beton} &= 40 \text{ Mpa} \\
\beta_1 &= 0.8
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d &= \text{Tebal pelat} - \text{cover} - 0.5 \text{ tulangan} \\
&= 150 - 20 - 0.5 \times 13 \\
&= 123.5 \text{ mm}
\end{aligned}$$

2) Penulangan Lentur

$$\begin{aligned}
\Phi &= 0.9 \\
Rn &= \frac{Mu}{\Phi \times b \times d^2} = \frac{30276673}{0.9 \times 1000 \times 123.5^2} = 2.21
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{f_y}{\frac{0.85 \times f'_c}{390}} \\
 &= \frac{0.85 \times 40}{11.471}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 2.21}{390}} \right) = 0.0059
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$0.0041 \leq 0.0059 \leq 0.0317$$

Dipakai $\rho = 0.0053$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0059 \times 1000 \times 123.5 \\
 &= 722.703 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 13^2 \\
 &= 132.665 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$S = \frac{b \times \text{as tulangan}}{\text{As perlu}} = \frac{1000 \times 132.665}{722.703} = 183.6 \text{ mm}$$

Syarat:

- $S \leq 3 h_f = 3 \times 150 = 450 \text{ mm}$
- $S \leq 450 \text{ mm}$

Maka dipakai $S = 150 \text{ mm}$ ($\text{As} = 884.43 \text{ mm}^2$)

As pakai \geq As perlu (OK)

$884.43 \geq 722.70$ (OK)

Maka untuk penulangan lentur dipakai D13-150 mm

3) Kontrol Regangan

- Kontrol Kondisi Penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{\text{As} \times f_y}{\frac{0.85 \times f'_c \times b}{884.433 \times 390}} \\
 &= \frac{0.85 \times 40 \times 1000}{7.61 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \\ &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right) \\ &= 0.764\end{aligned}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10.145}{0.764} = 13.27 \text{ mm}$$

Syarat:

$$0.375 dt > C$$

$$46.313 \text{ mm} > 13.27 \text{ mm (Terkendali Tarik)}$$

4) Penulangan Geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut;

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times \sqrt{40} \times 1000 \times 123.5 = 132784.04 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 132784.03 = 49794.014 \text{ N}$$

$$V_u = 3051.06 \text{ kg} = 30510.6 \text{ N} < 0,5 \phi V_c$$

Jadi tidak perlu penulangan geser

5) Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan:

$$\rho = 0,0018 \text{ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0018 \times 1000 \times 112 = 201.6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{201.6} = 389.38 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 5h = 5 \times 150 = 750 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-300

6) Kontrol Lendutan

$\Delta_{ijin} > \Delta \text{ terjadi}$

$$\Delta \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{ijin} \times L^4}{E \times I_e}$$

$$Q_{ijin} = DL + LL$$

$$= 419 + 479$$

$$= 898 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
&= 8.98 \text{ kg/cm} \\
\text{Mu} &= 3027.67 \text{ kgm} \\
&= 302767 \text{ kgcm} \\
\text{Ec} &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\
&= 4700 \times \sqrt{40} \\
&= 29725.4 \text{ n/mm}^2 = 297254 \text{ kg/cm}^2 \\
\text{Ig} &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
&= \frac{1}{12} \times 100 \times 3375 \\
&= 28125 \text{ cm}^4 \\
\text{Fr} &= 0.062 \times \lambda \times \sqrt{40} \\
&= 0.3921 \text{ n/mm}^2 \\
\text{Yt} &= 0.5 \times t \\
&= 0.5 \times 15 \\
&= 7.5 \text{ cm} \\
\text{Mcr} &= \frac{f_r}{y_t} \text{ Ig} \\
&= \frac{0.3921}{7.5} 28125 \\
&= 1470.5 \text{ kgcm} \\
\text{Lcr} &= \left(\frac{1}{3} \times b \times y_t^3 \right) + (A_s \text{ pasang} \times y_t^2) \\
&= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 7.5^3 \right) + (8.84 \times 7.5^2) \\
&= 14560 \text{ cm}^4 \\
\text{Ie} &= \frac{M_{cr}}{M_a} \text{ Ig} + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \text{ Lcr} \right) \\
&= \frac{1470.5}{302767} 28125 + \left(1 - \left(\frac{1470.5}{302767} \right)^3 14435 \right) \\
&= 14696.6 \text{ cm}^4 \\
\Delta \text{ terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times \text{Ie}} \\
&= 0.01302 \text{ cm} \\
\Delta \text{ ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{140}{360} = 0.3889 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Syarat:

$$\Delta \text{ ijin} = 0.3889 \text{ cm} > \Delta \text{ terjadi} = 0.01302 \text{ cm (OK)}$$

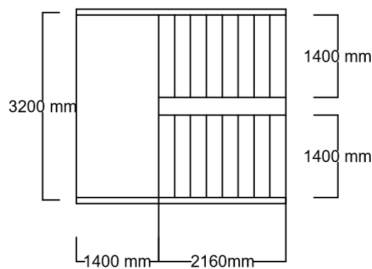
Tabel 4. 4 Rekap Penulangan Tangga

Nama Struktur	Tulangan		
	Lentur	Susut	Bagi
Pelat Tangga	D13-150	D10-200	D10-200
Pelat Bordes	D13-150	D10-300	D10-300

4.2.1.5. Tangga dengan Ketinggian 320 cm

Tangga akan didesain dengan meletakkan pelat bordes pada setengah tinggi antar lantai dengan denah tangga seperti pada Gambar 4.22 data desain sebagai berikut:

- Mutu beton ($f'c$) = 40 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 390 Mpa
- Tinggi lantai = 320 cm
- Panjang bordes = 320 cm
- Lebar bordes = 140 cm
- Lebar injakan (i) = 27 cm
- Tinggi injakan (t) = 19 cm
- Lebar tangga = 140 cm
- Tebal selimut beton = 20 cm
- Lebar horizontal tangga = 216 cm
- Jumlah injakan = 8 Buah
- Jumlah tanjakan = 9 Buah
- Jumlah tanjakan ke bordes = 9 Buah
- Jumlah tanjakan bordes ke lantai 2 = 9 Buah
- Elevasi bordes = 160 cm



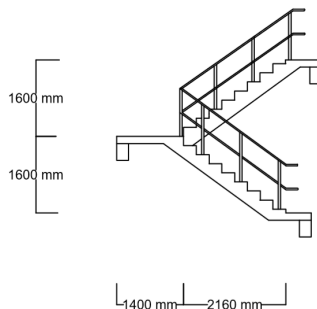
Gambar 4. 21 Denah Tangga

Dengan acuan Gambar Denah Tangga di atas, untuk jumlah tanjakan, injakan, sudut kemiringan tangga, tebal pelat rata-rata, dan tebal rata-rata pelat tangga dihitung berdasarkan setengah tinggi dari tinggi antar lantai.

- Jumlah tanjakan (nt):
- $nt = \frac{160}{19} = 8.42 \approx 9 \text{ buah}$
- Jumlah injakan (n):
- $n = nt - 1 = 9 - 1 = 8 \text{ buah}$
- Syarat perencanaan:
 $60 \text{ cm} \leq 2t+i \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} \leq 2 \cdot 19 + 27 \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm (OK)}$
- Kemiringan tangga (α) = $\tan^{-1}\left(\frac{190}{383}\right) = 26.38^\circ$
- Tebal pelat tangga rata-rata (tr)

$$\begin{aligned} T \text{ rata-rata} &= \left(\frac{i}{2}\right) \times \sin \alpha \\ &= \left(\frac{27}{2}\right) \times \sin 26.38 \\ &= 6.0005 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal total} &= 15 + 7 \\ &= 22 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 22 Potongan Tangga

Pembebanan pelat bordes dan anak tangga

a. Pembebanan Pelat Anak Tangga

- Beban mati

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} &= 0.22 \times 1 \times 2400 \times \frac{1}{\cos 26.38} \\ &= 589.42 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\text{Keramik} = 20.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 28.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Handraling} = 10 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 648.42 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$\text{Beban hidup pada tangga} = 479 \text{ kg/m}$$

- Beban ultimate

$$\begin{aligned}\text{Qult} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 648.42 + 1.6 \times 479 \\ &= 1544.51 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

b. Pembebanan pelat bordes

- Beban mati

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} &= 0.15 \times 2400 \\ &= 360 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\text{Keramik} = 20.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 28.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Handraling} = 10 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 419 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$\text{Beban hidup pada bordes} = 479 \text{ kg/m}$$

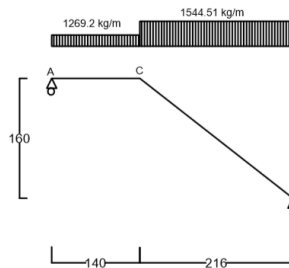
- Beban ultimate

$$\begin{aligned}\text{Qult} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 419 + 1.6 \times 479 \\ &= 1269.2 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

4.2.1.5.1. Analisa Struktur Tangga

1) Reaksi Perletakan Tangga

Analisa struktur tangga menggunakan metode statis tertentu dengan perletakan sendi-rol dengan kondisi pembebanan seperti pada gambar 4.23.



Gambar 4. 23 Pembebanan Pada Tangga

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = 3.56R_a - 1269.2 \times 1.4 \times 2.86 - 1544.51 \times 2.16 \times 1.8$$

$$0 = 3.56 R_a - 8684.91$$

$$R_a = \frac{8684.91}{3.56}$$

$$R_a = 2439.581 \text{ kg}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = -R_b 3.56 + 1544.51 \times 2.16 \times 2.48 + 1269.2 \times 1.4 \times 0.7$$

$$0 = -R_b 3.56 + 9517.44$$

$$R_b = \frac{9517.44}{3.56}$$

$$R_b = 2673.44 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$-1269.2 \times 1.4 + 1544.5 \times 2.16 = 2673.44 + 2439.581$$

$$5113.02 = 5113.02 \quad (\text{OK})$$

2) Gaya Dalam Tangga

Akibat beban yang dibebankan pada tangga maka struktur tangga akan memiliki gaya-gaya akibat beban yang dibebankan seperti gaya normal, gaya lintang serta momen. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan gaya-gaya tersebut.

- Gaya lintang

$$0 \leq x_1 \leq 1.4 \text{ m (dari kiri)}$$

$$Dx_1 = R_a - 1269.2 x_1$$

$$Dx_1 = 2439.58 - 1269.2 x_1$$

$$X_1 = 0 \text{ m, } Dx_1 = 2439.58 \text{ kg}$$

$$X_1 = 0.8 \text{ m, } Dx_1 = 1424.22 \text{ kg}$$

$$X_1 = 1.4 \text{ m, } Dx_1 = 662.701 \text{ kg}$$

$$0 \leq x_2 \leq 2.16 \text{ (dari kanan)}$$

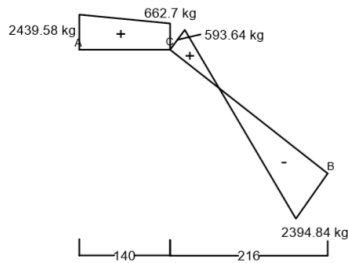
$$Dx_2 = -Rb \cos \alpha + 1544.51 \cos \alpha x_2$$

$$Dx_2 = -2673.4 \times 0.896 + 1544.51 \times 0.896 x_2$$

$$X_2 = 0 \text{ m, } Dx_2 = -2394.8 \text{ kg}$$

$$X_2 = 1.8 \text{ m, } Dx_2 = -95.56 \text{ kg}$$

$$X_2 = 2.16 \text{ m, } Dx_2 = 593.64 \text{ kg}$$



Gambar 4. 24 Gaya Lintang Tangga

- Gaya momen

$$0 \leq x_1 \leq 1.4 \text{ m (dari kiri)}$$

$$Mx_1 = Ra x_1 - 1269.2 x_1 \cdot 0.5 x_1$$

$$Mx_1 = 2439.58 x_1 - 634.6 x_1^2$$

$$X_1 = 0 \text{ m, } Mx_1 = 0 \text{ kg m}$$

$$X_1 = 1 \text{ m, } Mx_1 = 1804.98 \text{ kg m}$$

$$X_1 = 1.4 \text{ m, } Mx_1 = 2171.6 \text{ kg m}$$

$$0 \leq x_2 \leq 2.16 \text{ m (dari kanan)}$$

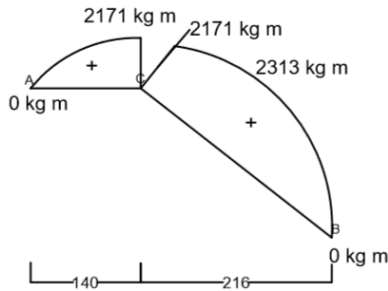
$$Mx_2 = Rb x_2 - 1544.5 x_2 \cdot 0.5 x_2$$

$$M_{x_2} = -2673.4 x_2 - 772.25 x_2^2$$

$$X_2 = 0 \text{ m}, M_{x_2} = 0 \text{ kg m}$$

$$X_2 = 1.8 \text{ m}, M_{x_2} = 2310.1 \text{ kg m}$$

$$X_2 = 2.16 \text{ m}, M_{x_2} = 2171.6 \text{ kg m}$$



Gambar 4. 25 Gaya Momen Tangga

4.2.1.5.2. Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan kebutuhan tulangan tangga berdasarkan momen maksimum yang terjadi pada tiap bentang baik bagian pelat tangga maupun pelat bordes.

4.2.1.5.3. Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga

1) Data perancangan tulangan:

Mu max	= 2313.03 kg-m
	= 2313030 N-mm
Tebal pelat tangga	= 220 mm
Tebal selimut beton	= 20 mm
Diameter tulangan	= 13 mm
Diameter susut	= 10 mm
Mutu baja (fy)	= 390 MPa
Mutu beton (fc')	= 40 MPa
β_1	= 0.8
d	= Tebal pelat - cover - 0.5 tulangan

$$= 220 - 20 - 0.5 \times 13$$

$$= 193.5 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f_c}}{f_y} = 0.0041 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0036$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 40}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0.0423 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0423 = 0.0317$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan)}$$

2) Penulangan Lentur

$$\Phi = 0.9$$

$$R_n = \frac{M_{\max}}{b \times d^2} = \frac{23130305}{0.9 \times 1000 \times 193.5^2} = 0.686 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 0.686}{390}} \right) = 0.00178 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$0.0041 \geq 0.00178$$

Dipakai $\rho = 0.0041$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0041 \times 1000 \times 193.5$$

$$= 793.5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 13^2$$

$$= 132.665 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{b \times A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}} = \frac{1000 \times 132.665}{793.5} = 167.2 \text{ mm}$$

Syarat:

- $S \leq 3 hf = 3 \times 220 = 660 \text{ mm}$
- $S \leq 450 \text{ mm}$

Maka dipakai $S = 150 \text{ mm}$ ($A_s = 884.43 \text{ mm}^2$)

$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ perlu}$ (OK)

$884.43 \geq 793.5$ (OK)

Maka untuk penulangan lentur dipakai D13-150 mm

3) Kontrol Regangan

- Kontrol Kondisi Penampang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{884.43 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} = 10.145 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \\ &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right) \\ &= 0.764 \end{aligned}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10.145}{0.764} = 13.27 \text{ mm}$$

Syarat:

$$0.375 dt > C$$

$$72.56 \text{ mm} > 13.27 \text{ mm} \text{ (Terkendali Tarik)}$$

4) Penulangan Geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut;

$$V_c = 0.17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 0.17 \times \sqrt{40} \times 2200 \times 193.5 = 457701.74 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 0.5 \times 0.75 \times 457701.74 = 171638.15 \text{ N}$$

$$V_u = 2394.84 \text{ kg} = 23948.4 \text{ N} < 0.5 \phi V_c$$

Jadi tidak perlu penulangan geser

5) Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan;

$$\rho = 0.0018 \text{ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)}$$

$$As \text{ perlu} = 0,0018 \times 1000 \times 182 = 327.6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{327.6} = 239.62 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 5h = 5 \times 220 = 1100 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-200

6) Kontrol Lendutan

$\Delta_{ijin} > \Delta \text{ terjadi}$

$$\Delta \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e}$$

$$Q \text{ ijin} = DL + LL$$

$$= 648.42 + 479$$

$$= 1127.4 \text{ kg/m}$$

$$= 11.274 \text{ kg/cm}$$

$$Mu = 2313.03 \text{ kgm}$$

$$= 231303 \text{ kgcm}$$

$$Ec = 4700 \times \sqrt{f'c}$$

$$= 4700 \times \sqrt{40}$$

$$= 29725 \text{ n/mm}^2 = 297250 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 100 \times 10648$$

$$= 88733 \text{ cm}^4$$

$$Fr = 0.062 \times \lambda \times \sqrt{40}$$

$$= 0.3921 \text{ n/mm}^2$$

$$Yt = 0.5 \times t$$

$$= 0.5 \times 22$$

$$= 11 \text{ cm}$$

$$Mcr = \frac{fr}{yt} I_g$$

$$= \frac{0.3921}{11} 88733$$

$$= 3163.1 \text{ kgcm}$$

$$Lcr = \left(\frac{1}{3} \times b \times yt^3 \right) + (As \text{ pasang} \times yt^2)$$

$$\begin{aligned}
&= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 11^3 \right) + (8.844 \times 11^2) \\
&= 45436.8 \text{ cm}^4 \\
I_e &= \frac{M_{cr}}{M_a} I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 L_{cr} \right) \\
&= \frac{3163.1}{231303} 88733 + \left(1 - \left(\frac{3163.1}{231303} \right)^3 45436 \right) \\
&= 46650.2 \text{ cm}^4 \\
\Delta \text{ terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e} \\
&= 0.05527 \text{ cm} \\
\Delta \text{ ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{268.81}{360} = 0.747 \text{ cm} \\
\text{Syarat:} \\
\Delta \text{ ijin} &= 0.747 \text{ cm} > \Delta \text{ terjadi} = 0.05527 \text{ cm (OK)}
\end{aligned}$$

4.2.1.5.4. Perhitungan Penulangan Bordex

1) Data Perencanaan

$$\begin{aligned}
\mu &= 2171.597 \text{ kgm} \\
\text{Tebal Pelat Bordex} &= 15 \text{ cm} \\
\text{Tebal Decking} &= 20 \text{ mm} \\
D \text{ tulangan} &= 13 \text{ mm} \\
D \text{ tulangan Susut} &= 10 \text{ mm} \\
\text{Mutu Tulangan Baja} &= 390 \text{ Mpa} \\
\text{Mutu Beton} &= 40 \text{ Mpa} \\
\beta_1 &= 0.8 \\
d &= \text{Tebal pelat} - \text{cover} - 0.5 \text{ tulangan} \\
&= 150 - 20 - 0.5 \times 13 \\
&= 123.5 \text{ mm}
\end{aligned}$$

2) Penulangan Lentur

$$\begin{aligned}
\Phi &= 0.9 \\
R_n &= \frac{\mu}{\Phi \times b \times d^2} = \frac{21715972}{0.9 \times 1000 \times 123.5^2} = 1.582 \\
M &= \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} \\
&= \frac{390}{0.85 \times 40} \\
&= 11.471
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1.582}{390}} \right) = 0.0042\end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$0.0041 \leq 0.0042 \leq 0.0317$$

Dipakai $\rho = 0.0042$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0042 \times 1000 \times 123.5 \\ &= 513.19 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 13^2 \\ &= 132.665 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$S = \frac{b \times \text{as tulangan}}{\text{As perlu}} = \frac{1000 \times 132.665}{513.19} = 258.5 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 3 h_f = 3 \times 150 = 450 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Maka dipakai $S = 250 \text{ mm}$ ($\text{As} = 530.66 \text{ mm}^2$)

As pakai \geq As perlu (OK)

$530.66 \geq 513.19$ (OK)

Maka untuk penulangan lentur dipakai D13-250 mm

3) Kontrol Regangan

- Kontrol Kondisi Penampang

$$\begin{aligned}a &= \frac{\text{As} \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{530.66 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} \\ &= 6.09 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \\ &= 0.85 - 0.05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right) \\ &= 0.764\end{aligned}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{6.09}{0.764} = 7.96 \text{ mm}$$

Syarat:

$$46.313 \text{ dt} > C$$

$$46.31 \text{ mm} > 7.96 \text{ mm (Terkendali Tarik)}$$

4) Penulangan Geser

Komponen struktur dibebani geser dan lentur saja menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut:

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times \sqrt{40} \times 1000 \times 123.5 = 132784.04 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 132784.03 = 49794.014 \text{ N}$$

$$V_u = 2439.58 \text{ kg} = 24395.8 \text{ N} < 0,5 \phi V_c$$

Jadi tidak perlu penulangan geser

5) Penulangan Susut

Untuk tulangan susut digunakan;

$$\rho = 0,0018 \text{ (menurut SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0018 \times 1000 \times 112 = 201.6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{201.6} = 389.38 \text{ mm}$$

Syarat:

$$- S \leq 5h = 5 \times 150 = 750 \text{ mm}$$

$$- S \leq 450 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan susut D10-300

6) Kontrol Lendutan

$\Delta_{ijin} > \Delta$ terjadi

$$\Delta \text{ terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{ijin} \times L^4}{E \times I_e}$$

$$Q_{ijin} = DL + LL$$

$$= 419 + 479$$

$$= 898 \text{ kg/m}$$

$$= 8.98 \text{ kg/cm}$$

$$Mu = 2171.6 \text{ kgm}$$

$$= 217160 \text{ kgcm}$$

$$Ec = 4700 \times \sqrt{f'_c}$$

$$\begin{aligned}
&= 4700 \times \sqrt{40} \\
&= 29725.4 \text{ n/mm}^2 = 297254 \text{ kg/cm}^2 \\
I_g &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
&= \frac{1}{12} \times 100 \times 3375 \\
&= 28125 \text{ cm}^4 \\
Fr &= 0.062 \times \lambda \times \sqrt{40} \\
&= 0.3921 \text{ n/mm}^2 \\
Y_t &= 0.5 \times t \\
&= 0.5 \times 15 \\
&= 7.5 \text{ cm} \\
M_{cr} &= \frac{f_r}{y_t} I_g \\
&= \frac{0.3921}{7.5} 28125 \\
&= 1470.5 \text{ kgcm} \\
L_{cr} &= \left(\frac{1}{3} \times b \times y_t^3 \right) + (A_s \text{ pasang} \times y_t^2) \\
&= \left(\frac{1}{3} \times 100 \times 7.5^3 \right) + (5.31 \times 7.5^2) \\
&= 14361 \text{ cm}^4 \\
I_e &= \frac{M_{cr}}{M_a} I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 L_{cr} \right) \\
&= \frac{1470.5}{217160} 28125 + \left(1 - \left(\frac{1470.5}{217160} \right)^3 14435 \right) \\
&= 14551.4 \text{ cm}^4 \\
\Delta \text{ terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \text{ ijin} \times L^4}{E \times I_e} \\
&= 0.0104 \text{ cm} \\
\Delta_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{140}{360} = 0.3889 \text{ cm} \\
\text{Syarat:} \\
\Delta_{ijin} &= 0.3889 \text{ cm} > \Delta \text{ terjadi} = 0.0104 \text{ cm (OK)}
\end{aligned}$$

Tabel 4. 5 Rekap Penulangan Tangga

Nama Struktur	Tulangan		
	Lentur	Susut	Bagi
Pelat Tangga	D13-150	D10-200	D10-200
Pelat Bordes	D13-250	D10-300	D10-300

4.2.2. Desain Balok Bordes

Desain balok bordes sesuai dengan SNI-2847-2013 pasal 9.5.2.1 tabel 9.5a yakni balok bordes dianggap merupakan balok tertumpu sederhana. Sehingga untuk dimensi balok bordes dengan panjang (l) 3200 mm didapatkan:

$$h = \frac{1}{16} = \frac{3200}{16} = 200 \text{ mm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 200 = 133 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Untuk desain awal balok bordes digunakan ukuran balok 150×200 mm.

4.2.2.1. Desain Balok Bordes

Beban Mati (DL)

$$\text{Berat sendiri balok} = 0.15 \times 0.2 \times 2400 = 72 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat bordes} = 1.4 \times 0.15 \times 2400 = 504 \text{ kg/m} +$$

$$Q_d = 576 \text{ kg/m}$$

$$Q_{du} = 1,2 \times Q_d = 691.2 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$Q_l = 479 \text{ kg/m}^2 \times 1.4 = 670.6 \text{ kg/m}$$

$$Q_{lu} = 1,6 \times Q_l = 1072.96 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = Q_{du} + Q_{lu} = 1648.96 \text{ kg/m}$$

Data Perencanaan Penulangan

$$F_y = 390 \text{ MPa}$$

$$F'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$D_x = 200 - 30 - 10 - (1/2 \cdot 12) = 154 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times F_c} = \frac{390}{0,85 \times 40} = 11.47$$

Penulangan Lentur Balok Bordes

- Tulangan Negatif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \mu_u &= \frac{1}{16} q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{16} \times 1648.96 \times 3.2^2 \\
 &= 1055.33 \text{ kg-m} = 10553300 \text{ N-mm} \\
 R_n &= \frac{M_{\max}}{b \times d^2} = \frac{10553300}{0.9 \times 150 \times 154^2} = 3.30 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 3.30}{390}} \right) = 0.0089
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0.0041 \leq 0.0089 \leq 0.0317$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0089$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0089 \times 150 \times 154 = 206.03 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan D-12 mm ($A_{D12} = 113,097 \text{ mm}^2$).

$$n \text{ (jumlah tulangan)} = \frac{206.03}{113.14} = 1.82 \sim 2 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pakai} = n \times A_s \text{ tulangan} = 226,194 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ [OK]

Jadi dipakai tulangan lentur tumpuan 2D12

- Tulangan Positif Lapangan

$$\begin{aligned}
 \mu_u &= \frac{1}{11} q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{11} \times 1648.96 \times 3.2^2 \\
 &= 1535.03 \text{ kg-m} = 15350300 \text{ N-mm} \\
 R_n &= \frac{M_{\max}}{b \times d^2} = \frac{15350300}{0.9 \times 150 \times 154^2} = 4.79 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 4.79}{390}} \right) = 0,0133
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0.0041 \leq 0.0133 \leq 0.0317$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0133$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0133 \times 150 \times 154 = 307.45 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan D-12mm ($A_{D12} = 113,097 \text{ mm}^2$).

$$n \text{ (jumlah tulangan)} = \frac{307.45}{113.14} = 2.72 \sim 3 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pakai} = n \times A_s \text{ tulangan} = 339,291 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} \quad (\text{OK})$$

Jadi dipakai tulangan lentur tumpuan 3 D12

Penulangan Geser

Untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja, besarnya nilai V_c menurut SNI 2847 : 2013 pasal 11.2.1.1 adalah sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d = 24836.53 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 9313.698 \text{ N}$$

$$V_u = 0,5 \times Q_u \times L = 2638.34 \text{ kg} = 26383.4 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c < V_u$$

Kekuatan geser balok tidak mencukupi, jadi harus dipasang tulangan geser minimum.

$$V_{c1} = 0,333\sqrt{f_c} \times b_w \times d = 48650.38 \text{ kg}$$

$$V_s \leq V_{c1}$$

$$0 \leq 48650.38 \text{ kg}$$

Digunakan D-10, dua kaki ($A_v = 157,08 \text{ mm}^2$) pada jarak maksimum, yang dipilih dari nilai terkecil antara:

$$s_2 = \frac{d}{2} = \frac{154}{2} = 77 \text{ mm}$$

$$s_3 = \frac{A_v \times f_y}{0,35 \times b_w} = 1166.8 \text{ mm}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 50 \text{ mm}$ (dipasang sengkang D10-50).

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes

Nama Struktur	Tulangan	
	Lentur	Geser
Balok Bordes	D12	D10 - 50

4.2.3. Desain *Lift* dan Balok Penggantungan *Lift*

4.2.3.1. Data Desain

Desain yang dilakukan pada *lift* ini meliputi balok yang berkaitan dengan mesin *lift*. Pada bangunan ini digunakan *lift* penumpang yang diproduksi oleh Hyundai Elevator dengan data-data spesifikasi sebagai berikut:

Tipe *Lift* : Passenger Elevator

Brand : Hyundai Elevator

Kapasitas : 1000 Kg

Kecepatan : 1.5 m/s

Dimensi sangkar (*car size*)

- Car Wide (CW) : 1600 mm
- Car Depth (CD) : 1500 mm
- Opening : 900 mm

Dimensi ruang luncur (*hoistway*)

- Hoistway width (HW) : 4200 mm
- Hoistway Depth (HD) : 2130 mm

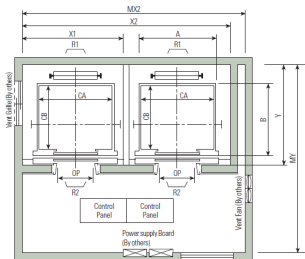
Beban reaksi ruang mesin

- R1 : 5450 kg
- R2 : 4300 kg

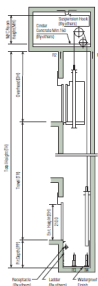
Untuk lebih jelasnya mengenai spesifikasi *lift* berikut disajikan dalam Tabel 4. 7:

Tabel 4. 7 Spesifikasi Mesin *Lift* Hyundai

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car			Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
				Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth	R1	R2	R3	R4	
	Persons	kg	OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY					
1.0	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300	
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700	
	9	600	800	1400 × 1100	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900	
	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200	
	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5600	
1.5	13	900	900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100	
	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8400	6400	
	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6400	5100	10800	8500	
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800					



Gambar 4. 26 Denah *Lift*



Gambar 4. 27 Potongan *Lift*

Balok penggantung *lift* direncanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11, dengan data sebagai berikut:

W = 49,6 kg/m	tw = 7 mm	Zx = 841 cm ³
A = 63,14 cm ²	tf = 11 mm	Ix = 13600 cm ⁴
d = 350 mm	r = 14 mm	Iy = 984 cm ⁴
bf = 175 mm	h = 300 mm	Sx = 775 cm

4.2.3.2. Pembebanan Balok *Lift*

Beban Mati

Berat profil balok penggantung = 49,6 kg/m

Berat sambungan. dll (10%) = 4,96 kg/m

Qu ultimate = 1,4 x 54,56 = 76,38 kg/m

Beban Terpusat *Lift*

Pasal 4.6 pada SNI 1727:2013 tentang *impact load* menerangkan bahwa semua beban *elevator* harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-driven. Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

$P_u = R. KLL = (5450) \times (1+50\%) = 8100 \text{ kg}$

$P_u = R. KLL = (4300) \times (1+50\%) = 6450 \text{ kg}$

Perhitungan Gaya Dalam

$$V_u = \frac{1}{2} q_u \times L + \frac{1}{2} P = 8310 \text{ kg}$$

$$M_u = \frac{1}{8} q_u \times L^2 + \frac{1}{4} P \times L$$

$$= 11426,311 \text{ kg-m}$$

4.2.3.3. Kontrol Kuat Momen Lentur

- Kontrol Penampang
 - Kontrol Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{175}{2 \times 11} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,95 \leq 10,75 \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Kontrol Pelat Badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{300}{7} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$42,86 \leq 109,18 \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Kontrol Kuat Nominal Lentur Penampang dengan Pengaruh Tekuk Lokal

Profil yang direncanakan berpenampang kompak sehingga $M_n = M_p = Z_x \times F_y = 841 \times 2500 = 2102500 \text{ kg.cm} = 21025 \text{ kg.m}$

$$\phi M_n = 0,9 \times 21025 \text{ kg.m} = 18922,5 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n > M_u = 11426,311 \text{ kg.m} \quad (\text{OK})$$

- Kontrol Kuat Nominal Lentur Penampang dengan Pengaruh Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral, $L_b = 500 \text{ cm}$

Profil dengan mutu baja yang telah ditentukan memiliki L_p dan L_r sebagai berikut.

$$L_p = 196,632 \text{ cm}$$

$$L_r = 570,599 \text{ cm}$$

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ bentang menengah

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} \leq 2,3$$



Gambar 4. 28 Posisi M_a , M_b , dan M_c

$$M_b = M_{\max} = 11426,311 \text{ kg.m}$$

$$M_a = M_c = 8310 \times 1,375 - 76,38 \times \frac{1,375^2}{2} = 11354,05 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 11426,311}{6,5(11426,311) + 6(11354,05)} \leq 2,3$$

$$C_b = 1,3$$

$$M_n = 1,3 \left[2102500 - (2102500 - 0,7(2500) \times 775) \left(\frac{500 - 196,632}{570,599 - 196,632} \right) \right]$$

$$M_n = 1430309 \text{ kg.cm} = 14303,09 \text{ kg.m}$$

Sehingga kapasitas momen diambil yang terkecil yaitu momen kapasitas penampang sebesar, $M_n = 14303,09 \text{ kg.m}$

$$\phi M_n = 0,9 \times 14303,09 \text{ kg.m} = 12872,78 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n > M_u \quad 11426,311 \text{ kg.m} \quad (\text{OK})$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 = \frac{1}{3} (d - 2t_f) t_w^3 + 2 \times \frac{1}{3} (b_f) t_f^3$$

$$J = \frac{1}{3} (35 - 2(11)) 0,7^3 + 2 \times \frac{1}{3} (17,5) 1,1^3 = 19,27 \text{ cm}^4$$

$$h_o = d - \frac{t_f}{2} = 350 - \frac{11}{2} = 344,5 \text{ mm}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2 S_x} = \frac{984 \times 344,5}{2 \times 775} = 218,70 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}$$

$$F_{cr} = \frac{1,3 \pi^2 2(2 \times 10^6)}{\left(\frac{500}{21,87} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{19,27}{775(34,45)} \left(\frac{500}{21,87} \right)^2}$$

$$F_{cr} = 1682,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_n = 1682,44 \times 775 \leq M_p$$

$$M_n = 1303893,48 \text{ kg.cm} = 13038,93 \text{ kgm} \leq M_p$$

Sehingga kapasitas momen diambil yang terkecil yaitu momen kapasitas penampang sebesar, $M_n = 13038,93 \text{ kg.m}$

$$\phi M_n = 0,9 \times 13038,93 \text{ kg.m} = 11735,04 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n > M_u \quad (\text{OK})$$

4.2.3.4. Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300}{7} = 42,86 \quad \frac{h}{t_w} \leq 260 \quad \rightarrow t_w \rightarrow k_v = 5$$

$$h/t_w \leq 1,1 \sqrt{k_v E/F_y} \rightarrow \frac{300}{7} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 200000}{250}} \rightarrow 42,8 \leq 69,6$$

maka, $C_v = 1$

$$\begin{aligned} \text{sehingga, } V_n &= 0,6 \times f_{yw} \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 35 \times 0,7 \\ &= 36750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 36750 \\ &= 33075 \text{ kg} \end{aligned}$$

$\phi V_n > V_u$ (OK)

4.2.3.5. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{540}{360} = 1,5 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} = \frac{5}{384} \left[\frac{q_D L^4}{EI_x} \right] + \frac{R_L L^3}{48EI_x}$$

$$f_{terjadi} = \frac{5}{384} \left[\frac{0,5456 \times 540^4}{2 \times 10^6 \times 13600} \right] + \frac{5450 \times 540^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 13600}$$

$$f_{terjadi} = 0,679 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} \leq f_{ijin} \text{ (OK)}$$

Berdasarkan kontrol yang dilakukan di atas maka profil WF 350 x 175 x 7 x 11 memenuhi persyaratan dan dapat digunakan.

4.3. Preliminary Design

4.3.1. Desain Struktur Primer

Desain struktur primer meliputi desain pelat. *drop panel*, kolom serta dinding pendukung (*shearwall*).

4.3.2. Desain Pelat

Struktur *flat slab* merupakan struktur *slab* dua arah yang tidak menggunakan balok interior sehingga pelat akan lebih tebal dibandingkan dengan menggunakan balok.

Tabel 4. 8 Peraturan Tebal Pelat

Tegangan Leleh, f_y (Mpa)	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(Sumber: SNI 2847: 2013)

SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.2 mengatur bahwa tebal minimum pelat pada panel dalam akibat tidak digunakan balok dengan f_y 390 MPa adalah sebesar $1/33.6$ dari lebar (l_n) pelat itu sendiri, sehingga didapatkan tebal pelat dengan

Ukuran pelat Terbesar = 7200×14450

$$= 104040000 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$l_n = 8100 \text{ mm}$$

$$h = \frac{l_n}{33.6} = \frac{8100}{33.6} = 241.07 \text{ mm}$$

Jadi tebal pelat keseluruhan lantai yang direncanakan dengan ketebalan $h = 300 \text{ mm}$

4.3.3. Desain Drop Panel

Drop panel pada struktur *flat slab* berfungsi mengurangi jumlah tulangan momen negatif pada bagian slab datar (*flat slab*) di atas kolom (SNI 2847:2013 pasal 13.3.7). Sehingga dalam desain *drop panel* yang akan digunakan harus mempertimbangkan hal tersebut. Desain *drop panel* harus memenuhi persyaratan yang terdapat pada SNI-2847-2013 pasal 13.2.5:

- Menjorok di bawah slab paling sedikit seperempat tebal slab di sebelahnya
- Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperempat panjang bentang

4.3.3.1. Lebar Drop Panel

- Untuk arah sumbu x:

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} L_x$$

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} \times 8100 = 1350 \text{ mm} \approx 1500 \text{ mm}$$
- Untuk arah sumbu y:

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} L_y$$

$$L.\text{drop panel} \geq \frac{1}{6} \times 8100 = 1350 \text{ mm} \approx 1500 \text{ mm}$$

Digunakan lebar drop panel 1500 mm untuk arah x maupun y sehingga lebar total *drop panel* adalah 3000 mm baik arah x maupun y.

4.3.3.2. Tebal Drop Panel

Dari perhitungan tebal pelat sebelumnya tebal pelat yang digunakan adalah 300 mm, maka *tebal drop panel* ditentukan sebagai berikut

$$h.\text{drop panel} \geq \frac{1}{4} h \text{ pelat}$$

$$h.\text{drop panel} \geq \frac{1}{4} \times 300 = 60.27 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

Tebal *drop panel* yang telah didapatkan tidak boleh melebihi persyaratan berikut:

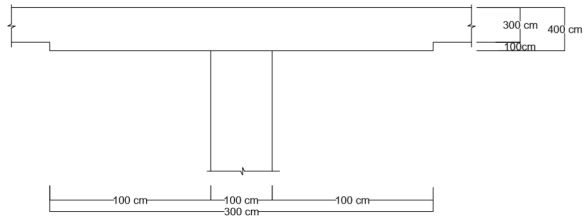
$$h.\text{drop panel} \leq \frac{1}{4} S_e$$

Dimana S_e adalah jarak tepi kolom ekuivalen ke tepi *drop panel*. Untuk dimensi kolom awal untuk perhitungan persyaratan ini direncanakan $800 \times 800 \text{ mm}$ dengan lebar *drop panel* arah x 1500 sehingga didapatkan:

$$S_e = 1500 - 0.5 \times 800 = 1100 \text{ mm}, \text{ maka}$$

$$h.\text{drop panel} \leq \frac{1}{4} \times 1100 = 275 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Sehingga tebal drop panel yang digunakan adalah 100 mm.



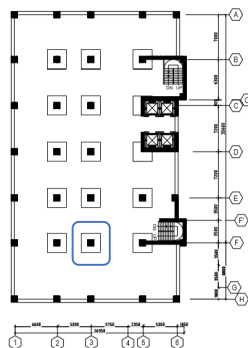
Gambar 4. 29 Desain Pelat dan Drop Panel

4.3.4. Desain Kolom

Dalam desain kolom, diambil *sample* kolom yang dianggap paling besar menerima beban, dalam hal ini kolom pada lantai dasar karena harus menerima beban lantai 1 sampai lantai atap. Jadi, dimensi kolom sangat berpengaruh terhadap beban yang diterima, semakin berat beban yang dipikul maka semakin besar penampang kolom.

Direncanakan:

- Tebal Pelat = 30 cm = 300 mm
- Luasan Pelat = 6.7 m x 7.9 m



Gambar 4. 30 Kolom yang Ditinjau

4.3.4.1. Pembebanan Pada Kolom

Untuk beban hidup kolom diijinkan untuk beban hidup tereduksi berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4.8 dengan syarat komponen struktur yang memiliki $K_{LL}A_{TT} \geq 37,16 \text{ m}^2$ dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap
 $A_{TT} = 5.30\text{m} \times 7 \text{ m} = 37.2 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$
 $R_1 : 0,79$
 $R_2 : 1$
 $Lo : 0,96$
 $L_r = Lo \cdot R_1 \cdot R_2 = 0.7602 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 76.02 \frac{\text{KG}}{\text{M}^2}$
- Reduksi beban hidup pelat lantai Apartemen
 $A_{TT} = 5.3 \text{ m} \times 7 \text{ m} = 37.2 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$
 $K_{LL}A_{TT} = 4 \times 37.2 = 148.4 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$
 $Lo = 1,92$
 $L = Lo \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_{TT}}} \right)$
 $L = 1.92 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{148.4}} \right) = 1.2003 \frac{\text{kN}}{\text{M}^2} = 120.03 \frac{\text{KG}}{\text{M}^2}$
 $0,4 \times Lo = 0.768$
 $L \geq 0,4 \times Lo \text{ (OK)}$

4.3.4.2. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan menggunakan kombinasi sederhana pada SNI-2847-2002 pasal 11.2 yakni 1.4D dan 1.2D + 1.6L. dari hasil kedua perhitungan diambil nilai yang terbesar.

- Kombinasi 1
 $P_u = 1,4 P_d$
- Kombinasi 2
 $P_u = 1,2 P_d + 1,6 P_l$

Hasil dari kombinasi yang memiliki nilai lebih besar akan digunakan sebagai beban rencana untuk desain kolom.

Tabel 4. 10 Beban Hidup Kolom Lantai 1

Beban Hidup		P	L	A	Jumlah lantai	LL	Berat
Lantai atap	=	6.7	6.65	44.555	1	76.02	3387.18
Lantai 1	=	6.7	7.9	52.93	1	120.03	6353.07
Lantai 2-3	=	6.7	7.9	52.93	2	120.03	12706.15
Lantai 4-18	=	6.7	6.65	44.555	14	120.03	74869.77
						LL	93929.00

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} + 0.5 \text{ Lr} \\
 &= 1.2 \times 985816.5 + 1.6 \times 93928.99 + 0.5 \times 3387.18 \\
 &= 1334960 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 45 \text{ mpa}$$

$$A = \frac{p}{0.3 \times f'c} = \frac{1334959.82}{0.3 \times 45} = 9888.59 \text{ cm}^2$$

$$B = h$$

$$A = b^2$$

$$b = 99.44 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$$

Tabel 4. 11 Beban Mati Kolom Lantai 2

Kolom lantai 2							
Beban mati	P (m)	L (m)	T (m)	Jumlah lantai	V total	Berat jenis	Berat (kg)
Pelat lantai 2-4	6.70	7.90	0.30	3.00	47.64	2400.00	114328.80
Pelat lantai 5-18	6.70	6.65	0.30	14.00	187.13	2400.00	449114.40
Drop panel	1.50	1.50	0.10	17.00	3.83	2400.00	9180.00
Kolom lantai 2	1.00	1.00	5.50	1.00	5.50	2400.00	13200.00
Kolom lantai 3	1.00	1.00	4.00	1.00	4.00	2400.00	9600.00
Kolom lantai 4	1.00	1.00	4.50	1.00	4.50	2400.00	10800.00
Kolom lantai 5	1.00	1.00	4.00	1.00	4.00	2400.00	9600.00
Kolom lantai 6-18	1.00	1.00	3.20	13.00	41.60	2400.00	99840.00
Kramik lantai 2-4	6.70	7.90		3.00	158.79	20.50	3255.20
Kramik lantai 5-18	6.70	6.65		14.00	623.77	20.50	12787.29
Spesi lantai 2-4	6.70	7.90		3.00	158.79	28.50	4525.52
Spesi lantai 5-18	6.70	6.65		14.00	623.77	28.50	17777.45
Bata ringan lantai 2	15.28		4.00	1.00	61.10	60.00	3666.00
Perekat	15.28		4.00	1.00	61.10	5.55	339.11
Plester dinding	15.28		4.00	1.00	61.10	38.00	2321.80
Acian	15.28		4.00	1.00	61.10	10.80	659.88
Bata ringan lantai 3	15.28		4.50	1.00	68.74	60.00	4124.25
Perekat	15.28		4.50	1.00	68.74	5.55	381.49
Plester dinding	15.28		4.50	1.00	68.74	38.00	2612.03
Acian	15.28		4.50	1.00	68.74	10.80	742.37
Bata ringan lantai 4	15.28		4.00	1.00	61.10	60.00	3666.00
Perekat	15.28		4.00	1.00	61.10	5.55	339.11
Plester dinding	15.28		4.00	1.00	61.10	38.00	2321.80
Acian	15.28		4.00	1.00	61.10	10.80	659.88
Bata ringan lantai 5	20.80		3.20	1.00	66.56	60.00	3993.60
Perekat	20.80		3.20	1.00	66.56	5.55	369.41
Plester dinding	20.80		3.20	1.00	66.56	38.00	2529.28
Acian	20.80		3.20	1.00	66.56	10.80	718.85
Bata ringan lantai 6-17	20.80		3.20	13.00	865.28	60.00	51916.80
Perekat	20.80		3.20	13.00	865.28	5.55	4802.30
Plester dinding	20.80		3.20	13.00	865.28	38.00	32880.64
Acian	20.80		3.20	13.00	865.28	10.80	9345.02
Plumbing	6.70	7.90		16.00	846.88	10.00	8468.80
Ducting Ac	6.70	7.90		16.00	846.88	19.00	16090.72
Platfon	6.70	7.90		16.00	846.88	17.00	14396.96
Penggantung	6.70	7.90		16.00	846.88	8.00	6775.04
						DL	928129.77

Tabel 4. 12 Beban Hidup Kolom Lantai 2

Beban Hidup	P	L	T	A	Jumlah lantai	LL	Berat
Lantai atap	6.7	6.65	0	44.555	1	76.02	3387.18
Lantai 2-3	6.7	7.9	0	52.93	2	120.03	12706.15
Lantai 4-18	6.7	6.65	0	44.555	14	120.03	74869.77
						LL	87575.92

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} + 0.5 \text{ Lr} \\
 &= 1.2 \times 928129.8 + 1.6 \times 87575.92 + 0.5 \times 3387.18 \\
 &= 1255571 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Mutu beton (f'_c) = 45 mpa

$$A = \frac{p}{0.3 \times f'c} = \frac{1255571}{0.3 \times 45} = 9300.52 \text{ cm}^2$$

$$B = h$$

$$A = b^2$$

$$b = 96.44 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$$

Tabel 4. 13 Beban Mati Kolom Lantai 3

Kolom lantai 3							
Beban mati	P (m)	L (m)	T (m)	Jumlah lantai	V total	Berat jenis	Berat (kg)
Pelat lantai 3-4	6.70	7.90	0.30	2.00	31.76	2400.00	76219.20
Pelat lantai 5-18	6.70	6.65	0.30	14.00	187.13	2400.00	449114.40
Drop panel	1.50	1.50	0.10	16.00	3.60	2400.00	8640.00
Kolom lantai 3	1.00	1.00	4.00	1.00	4.00	2400.00	9600.00
Kolom lantai 4	1.00	1.00	4.50	1.00	4.50	2400.00	10800.00
Kolom lantai 5	1.00	1.00	4.00	1.00	4.00	2400.00	9600.00
Kolom lantai 6-18	1.00	1.00	3.20	13.00	41.60	2400.00	99840.00
Kramik lantai 3-4	6.70	7.90		2.00	105.86	20.50	2170.13
Kramik lantai 5-18	6.70	6.65		14.00	623.77	20.50	12787.29
Spesi lantai 3-4	6.70	7.90		2.00	105.86	28.50	3017.01
Spesi lantai 5-18	6.70	6.65		14.00	623.77	28.50	17777.45
Bata ringan lantai 3	15.28		4.50	1.00	68.74	60.00	4124.25
Perekat	15.28		4.50	1.00	68.74	5.55	381.49
Plester dinding	15.28		4.50	1.00	68.74	38.00	2612.03
Acian	15.28		4.50	1.00	68.74	10.80	742.37
Bata ringan lantai 4	15.28		4.00	1.00	61.10	60.00	3666.00
Perekat	15.28		4.00	1.00	61.10	5.55	339.11
Plester dinding	15.28		4.00	1.00	61.10	38.00	2321.80
Acian	15.28		4.00	1.00	61.10	10.80	659.88
Bata ringan lantai 5	20.80		3.20	1.00	66.56	60.00	3993.60
Perekat	20.80		3.20	1.00	66.56	5.55	369.41
Plester dinding	20.80		3.20	1.00	66.56	38.00	2529.28
Acian	20.80		3.20	1.00	66.56	10.80	718.85
Bata ringan lantai 6-17	20.80		3.20	13.00	865.28	60.00	51916.80
Perekat	20.80		3.20	13.00	865.28	5.55	4802.30
Plester dinding	20.80		3.20	13.00	865.28	38.00	32880.64
Acian	20.80		3.20	13.00	865.28	10.80	9345.02
Plumbing	6.70	7.90		15.00	793.95	10.00	7939.50
Ducting Ac	6.70	7.90		15.00	793.95	19.00	15085.05
Platfon	6.70	7.90		15.00	793.95	17.00	13497.15
Penggantung	6.70	7.90		15.00	793.95	8.00	6351.60
						DL	863841.59

Tabel 4. 14 Beban Hidup Kolom Lantai 3

Beban Hidup	P	L	T	A	Jumlah lantai	LL	Berat
Lantai atap	6.7	6.65		44.555	1	76.02	3387.18
Lantai 3	6.7	7.9		52.93	1	120.03	6353.07
Lantai 4-18	6.7	6.65		44.555	14	120.03	74869.77
						LL	81222.85

$$Q_u = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} + 0.5 \text{ Lr}$$

$$= 1.2 \times 863841.6 + 1.6 \times 81222.85 + 0.5 \times 3387.18$$

$$= 1168260 \text{ kg}$$

Mutu beton ($f'c$) = 45 mpa

$$A = \frac{p}{0.3 \times f'c} = \frac{1168260}{0.3 \times 45} = 8653.78 \text{ cm}^2$$

$$B = h$$

$$A = b^2$$

$$b = 93.03 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$$

Tabel 4. 15 Beban Mati Kolom Lantai 4

Kolom Lantai 4							
Beban mati	P (m)	L (m)	T (m)	Jumlah lantai	V total	Berat jenis	Berat (kg)
Pelat lantai 4	6.7	7.9	0.25	1	13.2325	2400	31758
Pelat lantai 5-18	6.7	6.65	0.25	14	155.9425	2400	374262
Drop panel	1.5	1.5	0.1	16	3.6	2400	8640
Kolom lantai 4	1	1	3.5	1	3.5	2400	8400
Kolom lantai 5	1	1	4	1	4	2400	9600
Kolom lantai 6-18	1	1	3.2	13	41.6	2400	99840
Kramik lantai 4	6.7	7.9		1	52.93	20.5	1085.065
Kramik lantai 5-18	6.7	6.65		14	623.77	20.5	12787.285
Spesi lantai 4	6.7	7.9		1	52.93	28.5	1508.505
Spesi lantai 5-18	6.7	6.65		14	623.77	28.5	17777.445
Bata ringan lantai 4	15.275		4	1	61.1	60	3666
Perekat	15.275		4	1	61.1	5.55	339.105
Plester dinding	15.275		4	1	61.1	38	2321.8
Acian	15.275		4	1	61.1	10.8	659.88
Bata ringan lantai 5	20.8		3.2	1	66.56	60	3993.6
Perekat	20.8		3.2	1	66.56	5.55	369.408
Plester dinding	20.8		3.2	1	66.56	38	2529.28
Acian	20.8		3.2	1	66.56	10.8	718.848
Bata ringan lantai 6-17	20.8		3.2	13	865.28	60	51916.8
Perekat	20.8		3.2	13	865.28	5.55	4802.304
Plester dinding	20.8		3.2	13	865.28	38	32880.64
Acian	20.8		3.2	13	865.28	10.8	9345.024
Plumbing	6.7	7.9		14	741.02	10	7410.2
Ducting Ac	6.7	7.9		14	741.02	19	14079.38
Platfon	6.7	7.9		14	741.02	17	12597.34
Penggantung	6.7	7.9		14	741.02	8	5928.16
						DL	719216.069

Tabel 4. 16 Beban Hidup Kolom Lantai 4

Beban Hidup	P	L	A	Jumlah lantai	LL	Berat
Lanta atap	6.7	6.65	44.555	1	76.02	3387.178032
Lantai 4-18	6.7	6.65	44.555	14	120.0278545	74869.77477
					LL	74869.77477

$$\begin{aligned} Q_u &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} + 0.5 \text{ Lr} \\ &= 1.2 \times 719216.1 + 1.6 \times 74869.77 + 0.5 \times 3387.18 \\ &= 984544.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Mutu beton ($f'c$) = 35 mpa

$$A = \frac{p}{0.3 \times f'c} = \frac{984544.5}{0.3 \times 35} = 9376.61 \text{ cm}^2$$

$$B = h$$

$$A = b^2$$

$$b = 96.83 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$$

Tabel 4. 17 Beban Mati Kolom Lantai 5

Kolom Lantai 5							
Beban mati	P	L	T	Jumlah lantai	V total	Berat jenis	Berat
Pelat lantai 5-18	6.7	6.65	0.25	14	155.94	2400	374262.00
Drop panel	1.5	1.5	0.1	16	3.60	2400	8640.00
Kolom lantai 5	1	1	4	1	4.00	2400	9600.00
Kolom lantai 6-18	1	1	3.2	13	41.60	2400	99840.00
Kramik lantai 5-18	6.7	6.65		14	623.77	21	12787.29
Spesi lantai 5-18	6.7	6.65		14	623.77	29	17777.45
Bata ringan lantai 5	20.8		3.2	1	66.56	60	3993.60
Perekat	20.8		3.2	1	66.56	6	369.41
Plester dinding	20.8		3.2	1	66.56	38	2529.28
Acian	20.8		3.2	1	66.56	11	718.85
Bata ringan lantai 6-17	20.8		3.2	13	865.28	60	51916.80
Perekat	20.8		3.2	13	865.28	6	4802.30
Plester dinding	20.8		3.2	13	865.28	38	32880.64
Acian	20.8		3.2	13	865.28	11	9345.02
Plumbing	6.7	7.9		13	688.09	10	6880.90
Ducting Ac	6.7	7.9		13	688.09	19	13073.71
Plafon	6.7	7.9		13	688.09	17	11697.53
Penggantung	6.7	7.9		13	688.09	8	5504.72
						DL	666619.49

Tabel 4. 18 Beban Hidup Lantai 5

Beban Hidup	P	L	A	Jumlah lantai	LL	Berat
Lanta atap	6.7	6.65	44.555	1	76.02	3387.178032
Lantai 5-18	6.7	6.65	44.555	13	120.0278545	69521.93372
					LL	69521.93372

$$\begin{aligned} Q_u &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} + 0.5 \text{ Lr} \\ &= 1.2 \times 666619.5 + 1.6 \times 69521.93 + 0.5 \times 3387.18 \\ &= 912872.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 35 \text{ mpa}$$

$$A = \frac{p}{0.3 \times f'c} = \frac{912872.1}{0.3 \times 35} = 8694.02 \text{ cm}^2$$

$$B = h$$

$$A = b^2$$

$$b = 93.24 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$$

Tabel 4. 22 Beban Hidup Lantai 7-9

Beban Hidup	P	L	T	A	Jumlah lantai	LL	Berat
Lantai atap	6.7	6.65		44.555	1	76.02	3387.18
Lantai 7-18	6.7	6.65		44.555	11	120.03	58826.25
						LL	58826.25

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} + 0.5 \text{ Lr} \\
 &= 1.2 \times 645015.2 + 1.6 \times 58826.25 + 0.5 \times 3387.18 \\
 &= 869833.9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 30 \text{ mpa}$$

$$A = \frac{p}{0.3 \times f'c} = \frac{869833.9}{0.3 \times 30} = 9664.82 \text{ cm}^2$$

$$B = h$$

$$A = b^2$$

$$b1 = 98.30 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$$

Tabel 4. 23 Beban Mati Lantai 10-12

Kolom lantai 10-12							
Beban mati	P	L	T	Jumlah lantai	V total	Berat jenis	Berat
Pelat lantai 10-18	6.7	6.65	0.25	9	100.25	2400	240597.00
Drop panel	1.5	1.5	0.1	16	3.60	2400	8640.00
Kolom lantai 10-18	0.8	0.8	3.2	9	18.43	2400	44236.80
Kramik lantai 10-18	6.7	6.65		9	401.00	21	8220.40
Spesi lantai 10-18	6.7	6.65		9	401.00	29	11428.36
Bata ringan lantai 10-17	20.8		3.2	9	599.04	60	35942.40
Perekat	20.8		3.2	9	599.04	6	3324.67
Plester dinding	20.8		3.2	9	599.04	38	22763.52
Acian	20.8		3.2	10	665.60	11	7188.48
Plumbing	6.7	7.9		8	423.44	10	4234.40
Ducting Ac	6.7	7.9		8	423.44	19	8045.36
Platfon	6.7	7.9		8	423.44	17	7198.48
Penggantung	6.7	7.9		8	423.44	8	3387.52
						DL	405207.39

Tabel 4. 24 Beban Hidup Lantai 10-12

Beban Hidup	P	L	T	A	Jumlah lantai	LL	Berat
Lantai atap	6.7	6.65		44.555	1	76.02	3387.18
Lantai 10-18	6.7	6.65		44.555	8	120.03	42782.73
						LL	42782.73

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} + 0.5 \text{ Lr} \\
 &= 1.2 \times 405207.4 + 1.6 \times 42782.73 + 0.5 \times 3387.18 \\
 &= 556394.8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 30 \text{ mpa}$$

$$A = \frac{p}{0.3 \times f'c} = \frac{556394.8}{0.3 \times 30} = 6182.16 \text{ cm}^2$$

$$B = h$$

$$A = b^2$$

$$b1 = 78.63 \text{ cm} \approx 80 \text{ cm}$$

Tabel 4. 25 Beban Mati 13-16

Kolom lantai 13-16							
Beban mati	P	L	T	Jumlah lantai	V total	Berat jenis	Berat
Pelat lantai 13-18	6.7	6.65	0.25	6	66.83	2400	160398.00
Drop panel	1.5	1.5	0.1	16	3.60	2400	8640.00
Kolom lantai 13-18	0.65	0.65	3.2	6	8.11	2400	19468.80
Kramik lantai 13-18	6.7	6.65		6	267.33	21	5480.27
Spesi lantai 13-18	6.7	6.65		6	267.33	29	7618.91
Bata ringan lantai 13-17	20.8		3.2	6	399.36	60	23961.60
Perekat	20.8		3.2	6	399.36	6	2216.45
Plester dinding	20.8		3.2	6	399.36	38	15175.68
Acian	20.8		3.2	7	465.92	11	5031.94
Plumbing	6.7	7.9		5	264.65	10	2646.50
Ducting Ac	6.7	7.9		5	264.65	19	5028.35
Platfon	6.7	7.9		5	264.65	17	4499.05
Penggantung	6.7	7.9		5	264.65	8	2117.20
						DL	262282.73

Tabel 4. 26 Beban Hidup 13-16

Beban Hidup	P	L	T	A	Jumlah lantai	LL	Berat
Lanta atap	6.7	6.65		44.555	1	76.02	3387.18
Lantai 13-18	6.7	6.65		44.555	5	120.03	26739.21
						LL	26739.21

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} + 0.5 \text{ Lr} \\
 &= 1.2 \times 262282.7 + 1.6 \times 26739.21 + 0.5 \times 3387.18 \\
 &= 359215.6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 30 \text{ mpa}$$

$$A = \frac{p}{0.3 \times f'c} = \frac{359215.6}{0.3 \times 30} = 3991.28 \text{ cm}^2$$

$$B = h$$

$$A = b^2$$

$$b1 = 63.18 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm}$$

Tabel 4. 27 Beban Mati 17-19

Kolom lantai 17-19							
Beban mati	P	L	T	Jumlah lantai	V total	Berat jenis	Berat
Pelat lantai 6-18	6.7	6.65	0.25	3	33.42	2400	80199.00
Drop panel	1.5	1.5	0.1	16	3.60	2400	8640.00
Kolom lantai 6-18	0.65	0.65	3.2	3	4.06	2400	9734.40
Kramik lantai 6-18	6.7	6.65		3	133.67	21	2740.13
Spesi lantai 6-18	6.7	6.65		3	133.67	29	3809.45
Bata ringan lantai 6-17	20.8		3.2	3	199.68	60	11980.80
Perekat	20.8		3.2	3	199.68	6	1108.22
Plester dinding	20.8		3.2	3	199.68	38	7587.84
Acian	20.8		3.2	4	266.24	11	2875.39
Plumbing	6.7	7.9		2	105.86	10	1058.60
Ducting Ac	6.7	7.9		2	105.86	19	2011.34
Platfon	6.7	7.9		2	105.86	17	1799.62
Penggantung	6.7	7.9		2	105.86	8	846.88
						DL	134391.68

Tabel 4. 28 Beban Hidup 17-19

Beban Hidup	P	L	T	A	Jumlah lantai	LL	Berat
Lanta atap	6.7	6.65		44.555	1	76.02	3387.18
Lantai 17-18	6.7	6.65		44.555	2	120.03	10695.68
						LL	10695.68

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} + 0.5 \text{ Lr} \\
 &= 1.2 \times 134391.7 + 1.6 \times 10695.68 + 0.5 \times 3387.18 \\
 &= 180076.7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 30 \text{ mpa}$$

$$A = \frac{p}{0.3 \times f'c} = \frac{180076.7}{0.3 \times 30} = 2000.85 \text{ cm}^2$$

$$B = h$$

$$A = b^2$$

$$b1 = 44.73 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm}$$

Tabel 4. 29 Rekap Ukuran Kolom

dimensi kolom	b (cm)	f'c (mpa)
Kolom Lantau 1-3	100	45
Kolom Lantai 4-6	100	35
Kolom Lantai 7-9	100	30
Kolom Lantai 10-12	80	30
Kolom Lantai 13-16	65	30
Kolom Lantai 17-19	65	30

4.3.5. Desain Dinding Pendukung (*Shearwall*)

Tebal minimum dinding pendukung pada SNI-2847-2013 pasal 14.5.3(1) tidak boleh lebih kecil dari 100 mm dengan memperhatikan beberapa hal berikut:

1. Tebal dinding pendukung tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1}{25}$ tinggi dinding yang ditopang secara lateral
2. Tebal dinding pendukung tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1}{25}$ panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral

Dari kedua item tersebut diambil nilai terkecil.

Untuk dinding pendukung ini dirancang dengan Desain menggunakan:

- Tebal : 30 cm
- Tinggi dinding : 550 cm
- Lebar dinding : 635 cm

$$T_{min} = \frac{1}{25} \times 550 = 22 \text{ cm}$$

$$T_{min} = \frac{1}{25} \times 635 = 25.4 \text{ cm (menentukan)}$$

$$T_{rencana} = 30 > 25.4 \text{ cm (OK)}$$

Maka tebal dinding pendukung menggunakan tebal 30 cm telah memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.(1).

Tabel 4. 30 Rekap Kontrol Ukuran *Shear wall*

Lantai	Tebal dinding Geser	Panjang Bentang	Tinggi Lantai	H/25	Kontrol	L/25	Kontrol
1	30	635	380	15.2	OK	25.4	OK
2	30	635	550	22	OK	25.4	OK
3	30	635	400	16	OK	25.4	OK
4	30	635	450	18	OK	25.4	OK
5	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
6	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
7	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
8	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
9	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
10	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
11	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
12	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
13	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
14	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
15	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
16	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
17	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
18	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK
19	30	635	320	12.8	OK	25.4	OK

4.3.6. Desain Balok Tepi

Penentuan tinggi balok minimum (h_{\min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. (tabel 9.5(a) Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lenduta tidak dihitung).

Untuk f_y selain 390 MPa

$$h = \frac{1}{16} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$b = \frac{2}{3} h$$

Keterangan:

l = panjang balok (mm)

h = tinggi balok (mm)

b = lebar balok (mm)

$$L_{\max} = 8800 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} H_{\min} &= \frac{1}{16} \times 8800 \times \left(0,4 + \frac{390}{700}\right) \\ &= 526.43 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$B_{\min} = \frac{1}{2} \times 700$$

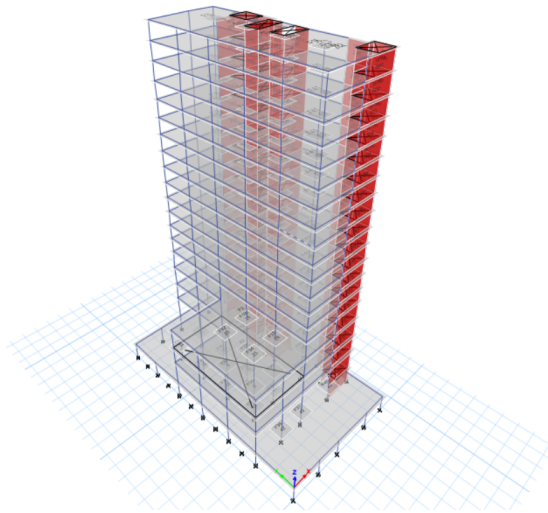
$$= 350 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

Jadi dipakai dimensi balok tepi 700 mm x 400 mm

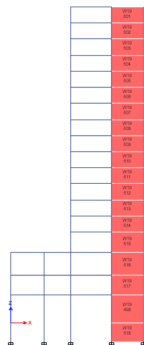
4.4. Permodelan Struktur

4.4.1. Desain Struktur Primer

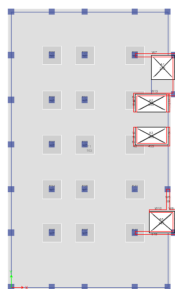
Dalam Desain gedung bertingkat perlu dilakukan adanya Desain pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban - beban yang terjadi. Program bantu ETABS 2016 akan membantu dalam cek serta kontrol perhitungan struktur sesuai persyaratan yang telah ditetapkan dalam SNI 1726 : 2012.



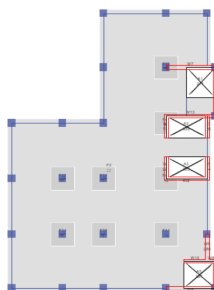
Gambar 4. 31 Permodelan Struktur



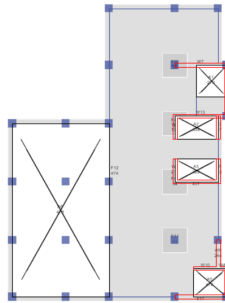
Gambar 4. 32 Permodelan Tampak Samping Struktur



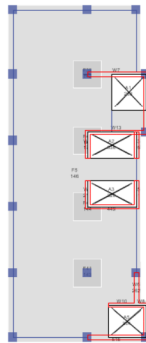
Gambar 4. 33 Denah Lantai 1 Permodelan Struktur



Gambar 4. 34 Denah Lantai 2 dan 4 Permodelan Struktur



Gambar 4. 35 Denah Lantai 3 Permodelan Struktur



Gambar 4. 36 Denah Lantai 5-19 Permodelan Struktur

4.4.2. Pembebanan

4.4.2.1. Beban Mati

a. Beban Mati Struktural

Beban mati struktural merupakan berat sendiri bangunan yang memiliki fungsi struktural untuk menahan beban. Beban mati struktural yang diperhitungkan adalah beban struktural beton bertulang, yaitu sebesar 2400 kg/m^3 .

b. Beban Mati Tambahan atau SIDL

Beban mati tambahan merupakan berat elemen nonstruktural yang secara permanen membebani struktur.

Tabel 4. 31 Beban Mati Tambahan Lt 1-19

Beban Mati		
Keramik	20.5	kg/m ²
Plesteran	28.5	kg/m ²
Plafon	17	kg/m ²
Penggantung	8	kg/m ²
Ducking AC	19	kg/m ²
Plumbing	10	kg/m ²
Me	40	kg/m ²
Total	143	kg/m ²

Tabel 4. 32 Beban Mati Tambahan Lt. Atap

Beban Mati		
Plesteran	28.5	kg/m ²
Plafon	17	kg/m ²
Penggantung	8	kg/m ²
Ducking AC	19	kg/m ²
Plumbing	10	kg/m ²
Me	40	kg/m ²
Total	122.5	kg/m ²

4.4.2.2. Beban Hidup

Beban hidup untuk Desain struktur diambil dari SNI 1727: 2013.

Beban Hidup

- Lantai Atap : 0.96 kN/m²
- Lantai Apartemen : 1.92 kN/m²

Untuk beban hidup diijinkan untuk beban hidup tereduksi berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4.8 dengan syarat komponen struktur yang memiliki $KLL.AT \geq 37,16$ m² dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap
 $A_{TT} = 5.30 \text{ m} \times 7 \text{ m} = 37.2 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$
 $R1 : 0,79$
 $R2 : 1$
 $Lo : 0,96$
 $Lr = Lo \cdot R1 \cdot R2 = 0.7602 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 76.02 \frac{\text{KG}}{\text{M}^2}$
- Reduksi beban hidup pelat lantai Apartemen
 $A_{TT} = 5.3 \text{ m} \times 7 \text{ m} = 37.2 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$
 $K_{LL} A_{TT} = 4 \times 37.2 = 148.4 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$
 $Lo = 1,92$
 $L = Lo \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} A_{TT}}} \right)$
 $L = 1.92 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{148.4}} \right) = 1.2003 \frac{\text{KN}}{\text{M}^2} = 120.03 \frac{\text{KG}}{\text{M}^2}$
 $0,4 \times Lo = 0.768$
 $L \geq 0,4 \times Lo \text{ (OK)}$

Tabel 4. 33 Reduksi Beban Hidup

Lantai	At	KLL	At KLL	Syarat		LL	Reduksi 1	Reduksi 2	Reduksi pakai
Lantai 1	37.1	4	148.4	37.16	OK	192	120.03	76.8	120.028
Lantai 2-3	37.1	4	148.4	37.16	OK	192	120.03	76.8	120.028
Lantai 4-17	37.1	4	148.4	37.16	OK	192	120.03	76.8	120.028

4.4.2.3. Beban Gempa Rencana

Analisis gempa yang akan dikenakan pada struktur gedung menggunakan analisis spektrum respons. Berdasarkan SNI 1726-2012, spektrum respons gempa rencana desain harus dibuat terlebih dahulu.

a. Kategori Risiko (I) dan Faktor Keutamaan (Ie)

Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012, struktur ini termasuk dalam kategori risiko II (Gedung Hotel) dengan faktor keutamaan gempa (I_e) = 1.

b. Jenis Tanah

Berdasarkan hasil tes *boring* yang dilakukan di lapangan, maka kategori tanah yang ada di lapangan merupakan kelas situs Tanah Lunak (SE).

c. Menentukan nilai S_s dan S_i

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726-2012, nilai S_s dan S_i ditentukan berdasarkan peta zona gempa pada Gambar 9 dan 10 di SNI 1726-2012. Sehingga didapatkan nilai :

- Nilai S_s untuk daerah Bekasi dapat dilihat pada gambar adalah 0.8
- Nilai S_i untuk daerah Bekasi dapat dilihat pada gambar adalah 0.4

d. Koefisien Situs

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726-2012, koefisien situs ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu nilai $S_s = 0.8$ dan $S_i = 0.4$ dan kelas situs yang berdasarkan jenis tanah.

$$F_a = 1.14$$

$$F_v = 2.4$$

Penentuan nilai SMS dan SM1 :

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1.14 \times 0.8 = 0.912$$

$$S_{M1} = F_v \times S_i = 2.4 \times 0.4 = 0.96$$

e. Parameter Percepatan Spektral Desain

Berdasarkan pasal 6.3 SNI 1726-2012, parameter percepatan spektral desain, yaitu SDS dan SD1 ditentukan berdasarkan rumus di bawah ini.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times 0.912 = 0.608$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 0.96 = 0.64$$

Dengan nilai-nilai tersebut, struktur gedung diklasifikasikan sebagai kategori desain seismik kategori D.

f. Sistem Penahan Gaya Seismik

Untuk kategori desain seismik D, dapat digunakan sistem rangka gedung (SRG) sebagai sistem strukturnya. Dengan dinding geser beton bertulang biasa pada arah x dan y. Dengan sistem rangka gedung dengan dinding geser beton bertulang khusus maka 90% gaya gempa akan di pikul

dinding geser, Parameter sistem struktur untuk arah x dan y dengan dinding geser beton bertulang khusus adalah:

$$R_o = 6$$

$$\Omega_o = 2,5$$

$$C_d = 5$$

g. Spektrum Respons Desain

Penentuan nilai T_0 dan T_s :

$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,64}{0,608} = 0,2105 \text{ dt}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,64}{0,608} = 1,053 \text{ dt}$$

Terdapat 3 kondisi dalam menentukan nilai S_a

- Ketika $T < T_o$

$$S_a = S_{ds} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_o} \right)$$

Contoh ketika $T=0$ dt

$$S_a = 0,608 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,2105} \right)$$

$$S_a = 0,2432$$

- Ketika $T_o < T < T_s$

$$S_a = S_{ds} = 0,608$$

- $T > T_s$

Contoh ketika $T = 1,2$ dt

$$S_a = \frac{S_{d1}}{T} = \frac{0,64}{1,2} = 0,53$$



Gambar 4. 37 Grafik Response Spectrum

h. Menentukan Perkiraan Periode Alami Fundamental

Tabel 4. 34 Nilai C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

(Sumber: SNI : 1726: 2012)

$$T_a \text{ minimum} = C_t \times H_n^x$$

$$T_a \text{ maksimum} = C_u \times T_a$$

$$C_t = 0.0488$$

$$X = 0.75$$

$$H_n = 67.5 \text{ m}$$

Arah X:

$$T_a \text{ minimum} = 0.0488 \times 67.5^{0.75} = 1.15 \text{ dt}$$

$$T_a \text{ maksimum} = 1.4 \times 1.15 = 1.61 \text{ dt}$$

Arah y:

$$T_a \text{ minimum} = 0.0488 \times 67.5^{0.75} = 1.15 \text{ dt}$$

$$T_a \text{ maksimum} = 1.4 \times 1.15 = 1.61 \text{ dt}$$

4.4.2.4. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 4.2.2, faktor-faktor dan kombinasi beban ultimit untuk beban mati nominal (D), beban hidup nominal (L), beban angin nominal (W), dan beban gempa nominal (E) adalah:

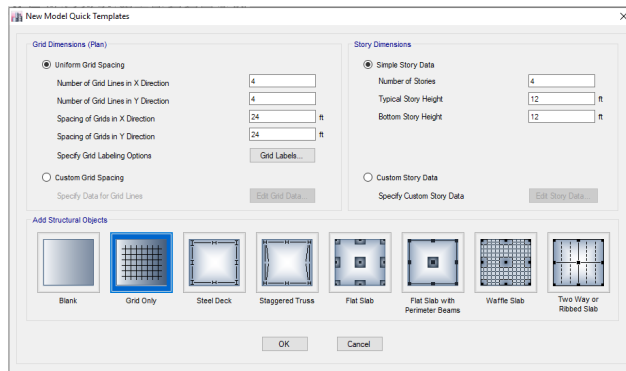
- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0.5 Lr
- 1,2D + 1.6 Lr
- 1,2D + 1 L + 0.5 Lr
- 1.2 D + 1.0 E
- 0,9D
- 0.9 D + 1.0 E

h. Envelope

4.4.3. Permodelan Struktur *Flat slab* pada ETABS

Dalam analisa struktur *Flat slab* gedung apartemen One East Surabaya ini digunakan program bantu ETABS 2016. Berikut adalah langkah dari permodelan struktur menggunakan program bantu ETABS 2016:

1. Memodelkan struktur dalam bentuk 3D Frame dan buat grid sesuai dengan data dan spesifikasi bentuk bangunan gedung yang akan dianalisa.



Gambar 4. 38 Input Grid pada program ETABS 2016

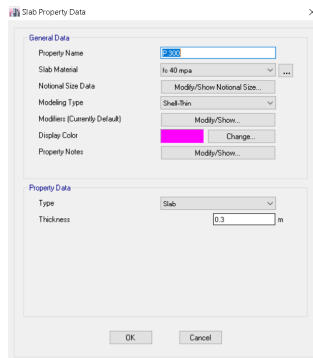
2. Memasukkan spesifikasi material yang digunakan pada menu Define -> Material Properties. Yaitu mutu beton sebesar $f'_c = 40$ Mpa dan berat jenis beton $= 24 \text{ kN/m}^3$ serta nilai elastisitas beton yakni $E_c = 4700\sqrt{f'_c}$ serta poisson ratio 0,2.

Gambar 4. 39 Input Material Properties

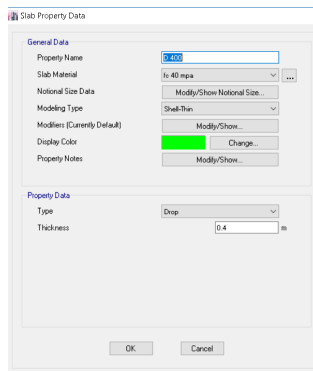
3. Memasukkan spesifikasi dimensi struktur.
 - Untuk memasukan dimensi Balok tepi dan Kolom
Define → Section Properties → Frame Section

Gambar 4. 40 Memasukan DIMensi Balok Tepi dan Kolom

- Untuk memasukan dimensi Pelat dan Drop Panel
Define → Section Properties → Slab Section

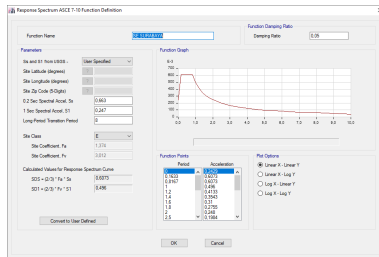


Gambar 4. 41 Memasukan Dimensi Pelat



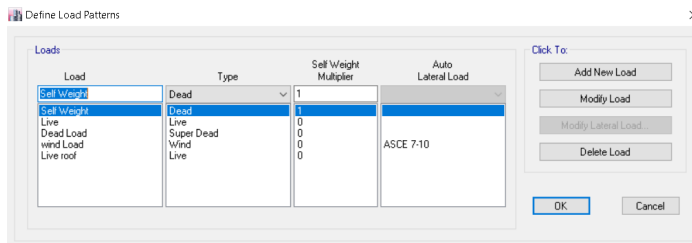
Gambar 4. 42 Memasukan Dimensi Drop Panel

4. Memasukkan fungsi gempa pada Define Respon Spectrum Function. Input nilai S_s , S_1 , R dan Site Class.



Gambar 4. 43 Input Respon Spektrum

5. Menginput Define Load Patterns pada program bantu ETABS 2016. Program bantu akan secara otomatis menghitung berat sendiri struktur berdasarkan penampang elemen dan spesifikasi material.



Gambar 4. 44 Input Load Pattern

6. Memasukan Mass Source Data

Mass Source Name:

Mass Source

- ☐ Element Self Mass
- ☒ Additional Mass
- ☒ Specified Load Patterns
- ☐ Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:
This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Self Weight	1
Dead Weight	0.25
Live	1

Mass Options

- ☒ Include Lateral Mass
- ☐ Include Vertical Mass
- ☒ Lump Lateral Mass at Story Levels

OK Cancel

Gambar 4. 45 Input Mass Source

7. Menginput Load Case, memasukkan skala faktor dari beban-beban yang akan digunakan dalam analisa, untuk beban selain gempa diinput nilai 1.

General

Load Case Name: Design... Notes...

Load Case Type:

Exclude Objects in this Group:

Mass Source:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	response spectrum	2.156
Acceleration	U2	response spectrum	0.65

Add Delete Advanced

Other Parameters

Model Load Case:

Model Combination Method:

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:
Rigid Frequency, f2:
Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

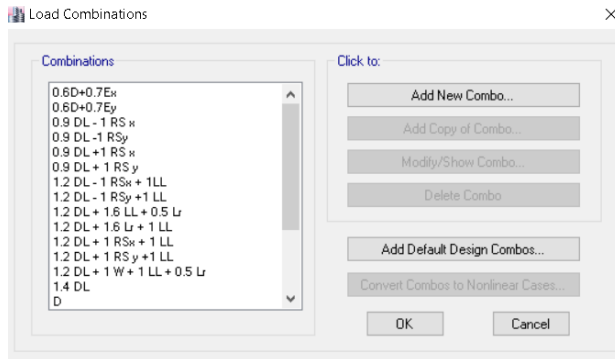
Model Damping: Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: Modify/Show...

OK Cancel

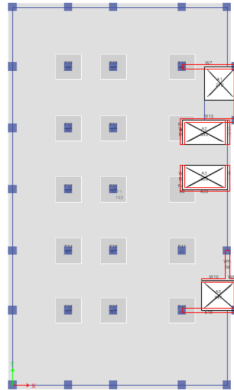
Gambar 4. 46 Input Load Case

8. Define Load Combination, memasukkan kombinasi beban berfaktor yang mengacu pada SNI 2847:2013.



Gambar 4. 47 Input Load Combination

9. Menggambar elemen struktur dan area section.



Gambar 4. 48 Gampar Elemen Struktur

10. Memasukkan beban mati tambahan dan beban hidup pada struktur yang telah ditentukan dan dihitung sebelumnya.
11. Menginput Restraint, menentukan jenis perletakan pada bagian bawah struktur. Jenis perletakan yang digunakan adalah perletakan jepit.

12. Diafragma, dengan memblok semua elemen struktur dan dilakukan pada setiap lantai.

4.5. Hasil Analisa Struktur

Kontrol permodelan struktur dilakukan setelah memperoleh analisa dari program bantu ETABS, hal ini dilakukan agar mengetahui desain yang dilakukan telah memenuhi syarat keamanan dan sesuai dengan standar yang terdapat pada peraturan. Kontrol permodelan struktur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Kontrol beban gravitasi
- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol periode getar struktur
- Kontrol respons seismik
- Kontrol batas simpangan (*drift*)
- Kontrol sistem ganda

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing – masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

4.5.1. Kontrol Beban Gravitasi

Beban gravitasi dikontrol untuk mengecek kesesuaian permodelan pada program bantu ETABS 2016 dengan desain bangunan gedung. Perhitungan beban mati masing – masing elemen struktur pada gedung ditunjukkan pada Tabel 4.26 berikut:

Tabel 4. 38 Beban Hidup Lantai 16-13

Keterangan	Beban (kg/m)	Luas (m2)	Jumlah Lantai	Total (kg)
LL apartement	120.0279	481.54	4	231192.8521
Total				231192.8521

Tabel 4. 39 Beban Mati Lantai 12-10

[illegible]

Tabel 4. 40 Beban Hidup Lantai 12-10

Keterangan	Beban (kg/m)	Luas (m2)	Jumlah Lantai	Total (kg)
LL apartement	120.0279	481.54	3	173394.6391
Total				173394.6391

Tabel 4. 41 Beban Mati Lantai 9-7

[illegible]

Tabel 4. 46 Beban Hidup Lantai 5

Keterangan	Beban (kg/m)	Luas (m2)	Jumlah Lantai	Total (kg)
LL apartement	120.0279	481.54	1	57798.21303
Total				57798.21303

Tabel 4. 47 Beban Mati Lantai 4

[illegible]

Tabel 4. 48 Beban Hidup Lantai 4

Keterangan	Beban (kg/m)	Luas (m2)	Jumlah Lantai	Total (kg)
LL apartement	120.0279	746.91	1	89650.00477
Total				89650.00477

Tabel 4. 49 Beban Mati Lantai 3

[illegible]

Tabel 4. 54 Beban Hidup Lantai 1

Keterangan	Beban (kg/m)	Luas (m2)	Jumlah Lantai	Total (kg)
LL apartement	120.0279	1135.56	1	136298.8304
Total				136298.8304

Tabel 4. 55 Beban Mati Lantai Basement

Lantai Basement									
Keterangan	P (m)	L (m)	T (m)	Openning (m2)	Volume / Luas	Jumlah	Lantai	Berat Jenis	Berat (kg)
Kolom	1	1	3.8		3.8	32	1	2400	291840
Shear Wall									
SW 1	24.6	0.3	3.8		28.044	1	1	2400	67305.6
SW 2	10.9	0.3	3.8		12.426	1	1	2400	29822.4
SW 3	17.45	0.3	3.8		19.893	1	1	2400	47743.2
Total									436711

Tabel 4. 56 Rekapitulasi Beban Struktur

Rekap pembebanan	Manual	
	Beban Mati	Beban Hidup
Lantai 19	641215.8	57798.213
Lantai 18	641215.8	57798.213
Lantai 17	641215.8	57798.213
Lantai 16	641215.8	57798.213
Lantai 15	641215.8	57798.213
Lantai 14	641215.8	57798.213
Lantai 13	641215.8	57798.213
Lantai 12	666271.8	57798.213
Lantai 11	666271.8	57798.213
Lantai 10	666271.8	57798.213
Lantai 9	707743.8	57798.213
Lantai 8	707743.8	57798.213

Rekap pembebanan	Manual	
	Beban Mati	Beban Hidup
Lantai 7	707743.8	57798.213
Lantai 6	707743.8	57798.213
Lantai 5	707743.8	57798.213
Lantai 4	1012694	89650.0048
Lantai 3	908771.5	59226.5445
Lantai 2	1012694	89650.0048
Rekap pembebanan	Manual	
	Beban Mati	Beban Hidup
Lantai 1	1738856	136298.83
Lantai 0	436711.2	
Total	15135773	1241798.58

Beban yang terhitung pada permodelan ETABS 2016 yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 57 Rekap Beban Struktur ETABS

Load Case	Berat
Dead	15263356.28
Live	1226124.18
Total	16489480.46

Selisih antara perhitungan manual dengan permodelan ETABS yaitu sebagai berikut:

$$W_{\text{manual}} - W_{\text{permodelan}} = 16377571.14 - 16489480.46 \\ = 111909 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = \frac{111909}{16489480.46} \times 100\% \\ = 0.6833 \%$$

Selisih 0.6833 % < 5%, dengan perhitungan manual. Dengan demikian pemodelan struktur dianggap sesuai.

4.5.2. Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726 : 2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah.

Tabel 4. 58 Kontrol Partisipasi Massa

Case	Mode	Period	UX	Sum UX	Sum UY
		sec			
Modal	1	1.583	0.5716	0.5716	0.0106
Modal	2	1.525	0.0382	0.6098	0.3682
Modal	3	0.887	0.005	0.6149	0.6669
Modal	4	0.444	0.0006	0.6154	0.7583
Modal	5	0.368	0.1802	0.7957	0.7604
Modal	6	0.242	0.0043	0.8	0.837
Modal	7	0.224	0.0003	0.8002	0.8654
Modal	8	0.162	0.0747	0.8749	0.8658
Modal	9	0.145	1.78E-05	0.875	0.8892
Modal	10	0.12	0.0031	0.8781	0.9033
Modal	11	0.106	0.0003	0.8784	0.9233
Modal	12	0.098	0.0379	0.9164	0.9248

Dari tabel di atas didapatkan partisipasi massa arah X sebesar 91.64% pada moda ke 12 dan partisipasi massa arah Y yakni sebesar 92.48% pada mode 12. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada Pasal 7.9.1 SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

4.5.3. Kontrol Periode Waktu Getar Alami Fundamental (T)

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksible, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur

gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726 : 2012, periode fundamental pendekatan (T_a) untuk struktur dinding geser beton ditentukan sebagai berikut :

$$T_{a\text{minimum}} = C_t h_n^x$$

$$T_{a\text{maksimum}} = C_u \times T_{a\text{ minimum}}$$

Keterangan:

h_n = Ketinggian total struktur (m)

C_t = Parameter periode pendekatan

T_a = Periode fundamental pendekatan

Untuk nilai S_{DI} = , nilai koefisien batas (C_u) adalah 1,4. Struktur studi kasus memiliki tinggi dari basement hingga atas gedung (h_n) adalah m, dan luas struktur m^2 .

Tabel 4. 59 Nilai Kofisien Cn

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{DI}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber: SNI 1726: 2012)

Tabel 4. 60 Nilai C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

(Sumber: SNI 1726: 2012)

$$T_{a\text{minimum}} = 0,0488 \times 67,5^{0,75} = 1,149 \text{ detik}$$

$$T_{a \text{ maksimum}} = 1,4 \times 1,149 = 1.609 \text{ detik}$$

Tabel 4. 61 Periode Permodelan

Case	Mode	Period
		sec
Modal	1	1.583
Modal	2	1.525
Modal	3	0.887
Modal	4	0.444
Modal	5	0.368
Modal	6	0.242
Modal	7	0.224
Modal	8	0.162
Modal	9	0.145
Modal	10	0.12
Modal	11	0.106
Modal	12	0.098

Berdasarkan analisa program bantu ETABS 2016 didapatkan periode fundamental struktur (T_c) sebesar 1.583. Berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T_c berada diantara range T_a minimum dan T_a maksimum yakni :

$T_a \text{ minimum} < T_c < T_a \text{ maksimum}$

$$1.15 < 1.583 < 1.608$$

Dari analisa kontrol periode fundamental struktur dapat disimpulkan bahwa periode struktur $T_c = 1.583$ detik dapat digunakan.

4.5.4. Kontrol Respons Seismik

Berdasarkan SNI 1726 : 2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 90% nilai respon statik. Maka dari base reactions Gempa

dinamik (respons Spectrum) hasil analisa struktur menggunakan ETABS 16.0 didapat sebagaimana pada Tabel 4. 62:

Tabel 4. 62 Kontrol Respond Spectrum

Load Case/Combo	FX	FY	Yang Dipakai
	kgf	kgf	
RS arah X Max	922055	291931.34	922055
RS arah Y Max	526874.3	1285235.29	1285235

$$\text{WDL} = 15135773 \text{ kg}$$

$$\text{WLL} = 1241799 \text{ kg}$$

$$\text{WDL} + \text{WLL} = 16377571 \text{ kg}$$

Menghitung nilai cs

Cs maksimum:

- Arah x

$$Cs = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,608}{\frac{6}{1}} = 0,10133$$

- Arah y

$$Cs = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,608}{\frac{6}{1}} = 0,10133$$

Cs yang dipakai:

- Arah x

$$Cs = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{T \frac{R}{I_e}}} = \frac{0,608}{1,5 \times \frac{6}{1}} = 0,06756$$

- Arah y

$$Cs = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{T \frac{R}{I_e}}} = \frac{0,608}{1,2 \times \frac{6}{1}} = 0,08444$$

Cs minimum:

- Arah X

$$0.044 \text{ sds ie} \geq 0.01$$

$$0.02675 \geq 0.01$$

- Arah Y
 $0.044 \leq i_e \leq 0.01$
 $0.02675 \geq 0.01$

Jadi digunakan nilai $C_s = 0.06756$ untuk arah x dan $C_s = 0.08444$ untuk nilai y

Perhitungan gaya geser (*base shear*) menggunakan SNI 1726:2012 dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \times W$$

$$V_x = 0.06756 \times 16377571 = 1106395.2 \text{ kgf}$$

$$V_y = 0.08444 \times 16377571 = 1382994.9 \text{ kgf}$$

Kontrol gaya geser dasar

Arah X

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0.85 V_{\text{statik}}$$

$$922055 \leq 940436.5 \quad (\text{NOT OK})$$

Arah Y

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0.85 V_{\text{statik}}$$

$$1285235 \geq 1175546 \quad (\text{OK})$$

Berdasarkan kontrol gempa arah X masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Menurut pasal 7.9.4.2 SNI 1726:2012 tertulis jika gaya geser dasar hasil analisa kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala arah X sebagai berikut:

- Arah X

$$\text{Faktor} = \frac{940436.53}{922055} = 1.019$$

$$U1 = \left(g \frac{I_e}{R}\right) \times F = \left(9.81 \times \frac{1}{6}\right) \times 1.019 = 2.19$$

$$U2 = 0.3 \left(g \frac{I_e}{R}\right) \times F = 0.3 \left(9.81 \times \frac{1}{6}\right) \times 1.019 = 0.657$$

Setelah mendapatkan faktor skala, maka dimasukkan kembali faktor U1 dan U2 arah X, lalu dilakukan analisis ulang untuk mendapatkan *base reaction* yang baru.

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS 2016 didapatkan nilai gaya geser dasar sebagai berikut:

Tabel 4. 63 Gaya Geser Dasar

Load Case/Combo	FX	FY	yang dipakai
	kgf	kgf	
RS arah X Max	940436.6	296574.32	940437
RS arah Y Max	526874.3	1285235.29	1285235

Dilakukan kontrol ulang terhadap gempa arah X dan Y sebagai berikut :

Kontrol gaya geser dasar

- Arah X

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85V_{\text{statik}}$$

$$940436.6 \geq 940436.53 \quad (\text{OK})$$

- Arah Y

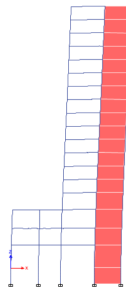
$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85V_{\text{statik}}$$

$$128525 \geq 1175545.7 \quad (\text{OK})$$

Berdasarkan kontrol di atas didapatkan bahwa analisis struktur memenuhi syarat SNI 1726 : 2012 Pasal 7.8.

4.5.5. Kontrol Batas Simpangan antar Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.



Gambar 4. 49 Displacements

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus:

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Keterangan:

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antara lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1:

$$\Delta_{i1} = C_d \times \delta_{e1} / I$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2:

$$\Delta_{i1} = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I$$

Keterangan:

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem rangka bresing eksentrik, dari Tabel 3.10 didapatkan $C_d = 5$ dan dari Tabel 3.7 didapat nilai $I = 1$. Berdasarkan Tabel 16 SNI 1726:2012 untuk semua struktur lainnya, simpangan antar tingkat ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02h_{sx}$$

Keterangan:

H_{sx} = Tinggi tingakat di bawah x

Untuk tinggi tingkat 2.3 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02 (2.3) = 0,046 \text{ m} = 46 \text{ mm}$$

Untuk tinggi tingkat 3.2 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02 (3.2) = 0.064 \text{ m} = 64 \text{ mm}$$

Untuk tinggi tingkat 4 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02 (4) = 0.08 \text{ m} = 80 \text{ mm}$$

Untuk tinggi tingkat 4.5 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02 (4.5) = 0.09 \text{ m} = 90 \text{ mm}$$

Untuk tinggi tingkat 5.5 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02 (5) = 0.11 \text{ m} = 110 \text{ mm}$$

Simpangan yang terjadi didapatkan dari analisis program bantu ETABS 2016 seperti pada

Tabel 4. 64 dan Tabel 4. 65:

Tabel 4. 64 Kontrol Simpangan Gempa Arah X

Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift	Avg Drift	Cd	Ie	Max Drift	Avg Drift	Defleksi	Hx	Defleksi yang diijinkan	Kontrol
			m	m			mm	mm	mm			
Story19	RS arah X Max	X	0.00513	0.002564	5	1	5.128	2.564	25.64	2.3	46	ok
Story18	RS arah X Max	X	0.00551	0.002753	5	1	5.506	2.753	27.53	3.2	64	ok
Story17	RS arah X Max	X	0.00561	0.002804	5	1	5.607	2.804	28.035	3.2	64	ok
Story16	RS arah X Max	X	0.0057	0.002848	5	1	5.696	2.848	28.48	3.2	64	ok
Story15	RS arah X Max	X	0.00576	0.002881	5	1	5.762	2.881	28.81	3.2	64	ok
Story14	RS arah X Max	X	0.00579	0.002895	5	1	5.789	2.895	28.945	3.2	64	ok
Story13	RS arah X Max	X	0.00586	0.002928	5	1	5.856	2.928	29.28	3.2	64	ok
Story12	RS arah X Max	X	0.0056	0.002801	5	1	5.601	2.801	28.005	3.2	64	ok
Story11	RS arah X Max	X	0.00559	0.002794	5	1	5.589	2.794	27.945	3.2	64	ok
Story10	RS arah X Max	X	0.00551	0.002752	5	1	5.505	2.752	27.525	3.2	64	ok
Story9	RS arah X Max	X	0.0052	0.002599	5	1	5.197	2.599	25.985	3.2	64	ok
Story8	RS arah X Max	X	0.00505	0.002524	5	1	5.047	2.524	25.235	3.2	64	ok
Story7	RS arah X Max	X	0.00478	0.00239	5	1	4.779	2.39	23.895	3.2	64	ok
Story6	RS arah X Max	X	0.00442	0.00221	5	1	4.419	2.21	22.095	3.2	64	ok
Story5	RS arah X Max	X	0.00499	0.002494	5	1	4.989	2.494	24.945	3.2	64	ok
Story4	RS arah X Max	X	0.00481	0.002404	5	1	4.808	2.404	24.04	4	80	ok
Story3	RS arah X Max	X	0.00338	0.001688	5	1	3.375	1.688	16.875	4.5	90	ok
Story2	RS arah X Max	X	0.0032	0.002054	5	1	3.196	2.054	15.98	4	80	ok
Story1	RS arah X Max	X	0.002	0.001293	5	1	2	1.293	10	5.5	110	ok

Tabel 4. 65 Kontrol Simpangan Gempa Arah Y

Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift	Avg Drift	Cd	Ie	Max Drift	Defleksi	Hx	Defleksi yang diijinkan	Kontrol
			m	m			mm	mm			
Story19	RS arah Y Max	Y	0.00488	0.002438	5	1	4.876	24.38	2.3	46	Ok
Story18	RS arah Y Max	Y	0.00563	0.002817	5	1	5.634	28.17	3.2	64	Ok
Story17	RS arah Y Max	Y	0.006	0.003002	5	1	6.004	30.02	3.2	64	Ok
Story16	RS arah Y Max	Y	0.00637	0.003182	5	1	6.365	31.825	3.2	64	Ok
Story15	RS arah Y Max	Y	0.0067	0.003349	5	1	6.699	33.495	3.2	64	Ok
Story14	RS arah Y Max	Y	0.007	0.003498	5	1	6.995	34.975	3.2	64	Ok
Story13	RS arah Y Max	Y	0.0074	0.003701	5	1	7.402	37.01	3.2	64	Ok
Story12	RS arah Y Max	Y	0.00722	0.003609	5	1	7.218	36.09	3.2	64	Ok
Story11	RS arah Y Max	Y	0.00744	0.003721	5	1	7.442	37.21	3.2	64	Ok
Story10	RS arah Y Max	Y	0.00762	0.003809	5	1	7.619	38.095	3.2	64	Ok
Story9	RS arah Y Max	Y	0.00734	0.003671	5	1	7.342	36.71	3.2	64	Ok
Story8	RS arah Y Max	Y	0.00735	0.003675	5	1	7.349	36.745	3.2	64	Ok
Story7	RS arah Y Max	Y	0.00718	0.003592	5	1	7.184	35.92	3.2	64	Ok
Story6	RS arah Y Max	Y	0.00693	0.003463	5	1	6.925	34.625	3.2	64	Ok
Story5	RS arah Y Max	Y	0.00837	0.004184	5	1	8.367	41.835	3.2	64	Ok
Story4	RS arah Y Max	Y	0.01101	0.005503	5	1	11.006	55.03	4	80	Ok
Story3	RS arah Y Max	Y	0.01004	0.00502	5	1	10.039	50.195	4.5	90	Ok
Story2	RS arah Y Max	Y	0.01102	0.006852	5	1	11.02	55.1	4	80	Ok
Story1	RS arah Y Max	Y	0.00566	0.003199	5	1	5.664	28.32	5.5	110	Ok

4.5.6. Kontrol Sistem Rangka Gedung

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 9point B.4 Sistem Rangka Bangunan merupakan sistem struktur yang beban lateral gempa bumi akan dipikul oleh dinding geser. Untuk pengamanan terhadap keruntuhan, Sistem Rangka Bangunan akan memikul minimal 90% dari beban yang terjadi, dan 10% lainnya akan dipikul rangka bangunan. Kemampuan dari dinding geser dalam menyerap beban lateral akibat gempa dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21 berikut

Tabel 4. 66 Kontrol Sistem Rangka Gedung

Penerima	Fx	Fy	Persentasi	
	kg	kg	Fx (%)	Fy (%)
Keseluruhan	1720039	1704088	100	100
Kolom	166408.4	112391.2	9.674683	6.595387
<i>Shearwall</i>	1553631	1591696	90.32532	93.40461

Dari tabel dapat dilihat bahwa presentase reaksi pada perletakan kolom nilainya kurang dari 10% dan pada dinding struktur lebih dari 90%, sehingga sistem rangka bangunan pada tugas akhir ini telah memenuhi syarat sebagai Sistem Struktur Rangka Bangunan.

4.6. Perhitungan Struktur Primer

4.6.1. Umum

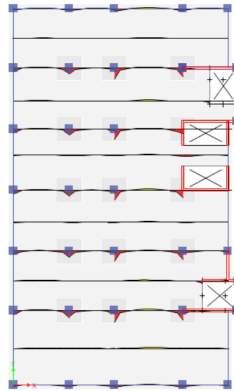
Struktur utama adalah elemen utama suatu gedung dan berfungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Elemen utama terdiri dari pelat, balok tepi, kolom dan *shear wall*. Perancangan elemen-elemen tersebut mengacu pada SNI-2847-2013.

- Mutu Beton ($f'c$) = 40 MPa
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa
- Tinggi bangunan = 67800 mm
- Luas drop panel = 3000 X 3000 mm²
- Dimensi balok tepi = 700 x 400 mm²
- Kategori resiko gempa = D
- Fungsi bangunan = Apartement

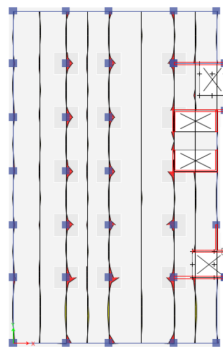
4.6.2. Desain Pelat

Dari analisa struktur dengan bantuan program ETABS diperoleh gaya-gaya yang terjadi pada pelat akibat beban rencana. Gaya-gaya dalam yang terjadi yang digunakan sebagai dasar perancangan tulangan pelat adalah momen dan geser. Untuk momen diperhitungkan terhadap sumbu gedung baik searah sumbu x maupun sumbu y sesuai dengan momen yang terjadi sesuai arah

sumbu. Dalam Desain pelat dilakukan studi terhadap perbedaan tebal pelat yang akan ditinjau penulangan pada masing – masing model.



Gambar 4. 50 Momen pelat M_{x-x} (M1-1)



Gambar 4. 51 Momen pelat M_{y-y} (M2-2)

4.6.2.1. Data Desain

- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa

Tebal selimut beton minimum untuk tulangan, SNI 2847:2013 pasal 7.7.1:

- Batang D-19 hingga D-5650
- Batang D-16, jarring kawat polos P16 atau kawat ulir D-16 dan yang lebih kecil40

4.6.2.2. Penulangan Pelat (t=300 mm)

Berdasarkan hasil Analisa menggunakan program bantu ETABS didapatkan nilai momen yang terjadi pada pelat yakni sebagai berikut:

- Tebal pelat lantai = 300 mm
- Diameter tulangan = 22 mm

Tabel 4. 67 Rekapitulasi Nilai Momen yang Didapat Dari ETABS

Letak	Momen x	KN-m	Momen y	KN-m
	Kolom	Tengah	Kolom	Tengah
Tumpuan	-190	-228.03	-304.31	-192.5335
Lapangan	219.26	168.42	185	229.9409

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur plat adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data d, f_y , f'_c , dan M_u
2. Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,764$$

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0404$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0303$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = 11,471$$

5. Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

Diketahui harga $\phi = 0,75$

6. Rasio tulangan yang dibutuhkan:

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

Dimana $\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$

7. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

8. Menentukan spasi maksimum antar tulangan

$$S < 450 \text{ mm}$$

$$S < 3 \times h$$

9. Jumlah tulangan tiap meter (n) = $A_{s\text{perlu}} / A_s \text{ tulangan}$

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \text{ tulangan}}$$

10. Jarak tulangan (s)

$$s = \frac{1000}{n}$$

4.6.2.2.1. Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Kolom Arah Sumbu X

- **Tumpuan**

- Mu Tumpuan = 241840000 n mm

- Tebal pelat = 300 mm

- Tebal Selimut Beton = 30 mm

- Diameter Tulangan = 22 mm

- Mutu baja (f_y) = 390 MPa

- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa

$$D_x = 300 - 30 - 22 - (0.5 \times 22) = 237 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{241840000}{0.9 \times 1000 \times 237^2} = 4.78$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 4.78}{390}} \right) = 0.0133$$

$$\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{Max}}$$

Maka dipakai $\rho = 0.0133$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0133 \times 1000 \times 237 \\ &= 3146.82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Control nilai ϕ :

$$a = \frac{\text{As. fy}}{0.85 \times f'c \times b} = \frac{3146.82 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} = 36.09$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{36.09}{0.764} = 47.23$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0.003 = \frac{237-47.23}{47.23} \times 0.003 = 0.0121$$

$$E_t \geq 0.005$$

$$0.0121 \geq 0.005 \quad (\text{OK})$$

Jadi, factor reduksi $\phi = 0.9$ dapat digunakan syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\phi 22 \text{ mm}$, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{0.25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0.25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{3146.82} \\ &= 120.74 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 120.74 < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0.25 \times \pi \times d^2 \times b}{S} = \frac{0.25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{100} \\ &= 3799.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As pakai} = 3799.4 \text{ mm}^2 \geq \text{As perlu} = 3146.82 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi dipasang tulangan $\phi 22 - 100 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

$$\begin{aligned} - \text{As min} &\geq 1/3 \text{ As perlu} \\ \text{As min} &\geq 1/3 \times 3146.82 \\ \text{As min} &\geq 1048.94 \text{ mm}^2 \\ d_{\text{tulangan}} &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1048,94} \\
 &= 191,58 \text{ mm} \\
 S &< 450 \text{ mm, jadi dipakai } S = 150 \text{ mm} \\
 - \quad As \text{ pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{150} \\
 &= 1339,733 \text{ mm}^2 \geq 1048,94 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan Ø 16-150 mm

• **Lapangan**

- Mu Tumpuan = 43390000 n mm
- Tebal pelat = 300 mm
- Tebal Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = 13 mm
- Mutu baja (fy) = 390 MPa
- Mutu beton (f'c) = 40 MPa

$$\begin{aligned}
 Dx &= 300 - 30 - 13 - (0,5 \times 13) \\
 &= 250,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{43390000}{0,9 \times 1000 \times 250,5^2} = 0,768$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,47 \times 0,768}{390}} \right) = 0,00199$$

$$\rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ Max}$$

$$\text{Maka dipakai } \rho = 0,00199$$

$$\begin{aligned}
 As \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00199 \times 1000 \times 250,5 \\
 &= 501 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Control nilai Ø:

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{501 \times 390}{0,85 \times 40 \times 1000} = 5,747$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{5,747}{0,764} = 7,52$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{250,5-7,52}{7,52} \times 0,003 = 0,097$$

$$Et \geq 0,005$$

$$0,097 \geq 0,005 \quad \text{(OK)}$$

Jadi, factor reduksi Ø = 0,9 dapat digunakan syarat jarak maksimum

- $S < 3 h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{501}$$

$$= 264.8 \text{ mm}$$

$$S = 264.8 < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 250 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{250}$$

$$= 530.66 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 530.66 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 501 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 250 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_s \text{ min} \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$
 $A_s \text{ min} \geq 1/3 \times 501$
 $A_s \text{ min} \geq 167 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{167}$
 $= 794.40 \text{ mm}$ dipakai $s = 450 \text{ mm}$
- $A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{450}$
 $= 294.81 \text{ mm}^2 \geq 167 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 450 \text{ mm}$

4.6.2.2.2. Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Tengah Arah Sumbu X

• Tumpuan

- Mu Tumpuan $= 72570000 \text{ n mm}$
- Tebal pelat $= 300 \text{ mm}$
- Tebal Selimut Beton $= 30 \text{ mm}$
- Diameter Tulangan $= 13 \text{ mm}$
- Mutu baja (f_y) $= 390 \text{ MPa}$

$$- \text{ Mutu beton (f'c)} = 40 \text{ MPa}$$

$$D_x = 300 - 30 - 16 - (0.5 \times 13) \\ = 247.5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{72570000}{0.9 \times 1000 \times 247.5^2} = 1.32$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1.32}{390}} \right) = 0.0034$$

$$\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{Max}}$$

$$\text{Maka dipakai } \rho = 0.0034$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d \\ = 0.0034 \times 1000 \times 247.5 \\ = 852.19 \text{ mm}^2$$

Control nilai ϕ :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \times f_{cx} \cdot b} = \frac{852.19 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} = 9.775$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{9.775}{0.764} = 12.79$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0.003 = \frac{247.5-12.79}{12.79} \times 0.003 = 0.055$$

$$E_t \geq 0.005$$

$$0.055 \geq 0.005 \quad (\text{OK})$$

Jadi, factor reduksi $\phi = 0.9$ dapat digunakan syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\phi 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0.25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{852.19} \\ = 155.68 \text{ mm}$$

$$S = 155.68 < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 150 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0.25 \times \pi \times d^2 \times b}{S} = \frac{0.25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{150} \\ = 884.43 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 884.43 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 852.19 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi dipasang tulangan $\phi 13 - 150 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_s \text{ min} \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$
 $A_s \text{ min} \geq 1/3 \times 852.19$
 $A_s \text{ min} \geq 284.06 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{284.06}$
 $= 467.03 \text{ mm}$ dipakai $s = 450 \text{ mm}$
- $A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{450}$
 $= 294.81 \text{ mm}^2 \geq 284.06 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$

Jadi dipasang tulangan Ø 13-450 mm

• Lapangan

- Mu Tumpuan = 52150000 n mm
- Tebal pelat = 300 mm
- Tebal Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = 13 mm
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa
- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa

$$D_x = 300 - 30 - 13 - (0.5 \times 13) \\ = 250.5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{52150000}{0.9 \times 1000 \times 250.5^2} = 0.923$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 0.923}{390}} \right) = 0.0024$$

$$\rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ Max}$$

$$\text{Maka dipakai } \rho = 0.0024$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d \\ = 0.0024 \times 1000 \times 250.5 \\ = 601.39 \text{ mm}^2$$

Control nilai Ø:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \times f_{cx} \times b} = \frac{601.39 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} = 6.898$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{6.898}{0.764} = 9.03$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{250.5-9.03}{9.03} \times 0,003 = 0.0803$$

$$Et \geq 0.005$$

$$0.0803 \geq 0.005 \quad (\text{OK})$$

Jadi, factor reduksi $\emptyset = 0.9$ dapat digunakan syarat jarak maksimum

$$- S < 3 h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{601.39}$$

$$= 220.59 \text{ mm}$$

$$S = 220.59 < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

$$As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{200}$$

$$= 663.33 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} = 663.33 \text{ mm}^2 \geq As \text{ perlu} = 601.39 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 200 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

$$- As_{\min} \geq 1/3 As \text{ perlu}$$

$$As_{\min} \geq 1/3 \times 601.39$$

$$As_{\min} \geq 200.47 \text{ mm}^2$$

$$- S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{200.47}$$

$$= 661.78 \text{ mm} \text{ dipakai } s = 450 \text{ mm}$$

$$- As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{450}$$

$$= 294.81 \text{ mm}^2 \geq 200.47 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13-450 \text{ mm}$

4.6.2.2.3. Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Kolom Arah Sumbu Y

- **Tumpuan**

- Mu Tumpuan = 240000000 n mm
- Tebal pelat = 300 mm
- Tebal Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = 22 mm
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa
- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa

$$D_y = 300 - 30 - (0.5 \times 22) \\ = 259 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{240000000}{0.9 \times 1000 \times 259^2} = 3.98$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 3.98}{390}} \right) = 0.0034$$

$$\rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ Max}$$

$$\text{Maka dipakai } \rho = 0.0034$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0034 \times 1000 \times 259 \\ &= 2815.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Control nilai ϕ :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{2815.54 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} = 32.29$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{32.29}{0.764} = 12.79$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0.003 = \frac{259-12.79}{12.79} \times 0.003 = 0.0154$$

$$E_t \geq 0.005$$

$$0.0154 \geq 0.005 \quad (\text{OK})$$

Jadi, factor reduksi $\phi = 0.9$ dapat digunakan syarat jarak maksimum

$$- S < 3 h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 22$ mm, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0.25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{2815.54}$$

$$= 134.94 \text{ mm}$$

$$S = 134.94 < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{100}$$

$$= 3799.4 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 3799.4 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 2815.54 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipasang tulangan Ø 22 – 100 mm

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

$$- A_s \text{ min} \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$$

$$A_s \text{ min} \geq 1/3 \times 2815.54$$

$$A_s \text{ min} \geq 938.51 \text{ mm}^2$$

$$- S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{938.51}$$

$$= 214.13 \text{ mm}$$

$$S \leq 450 \text{ mm, jadi dipakai } S = 200 \text{ mm}$$

$$- A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{200}$$

$$= 1004.8 \text{ mm}^2 \geq 938.51 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipasang tulangan Ø 16-200 mm

• Lapangan

$$- \text{Mu Tumpuan} = 46450000 \text{ n mm}$$

$$- \text{Tebal pelat} = 300 \text{ mm}$$

$$- \text{Tebal Selimut Beton} = 30 \text{ mm}$$

$$- \text{Diameter Tulangan} = 13 \text{ mm}$$

$$- \text{Mutu baja (fy)} = 390 \text{ MPa}$$

$$- \text{Mutu beton (f'c)} = 40 \text{ MPa}$$

$$D_y = 300 - 30 - (0.5 \times 13)$$

$$= 263.5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{46450000}{0.9 \times 1000 \times 263.5^2} = 0.74$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 0.74}{390}} \right) = 0.00193$$

$$\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{Max}}$$

Maka dipakai $\rho = 0.00193$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00193 \times 1000 \times 263.5 \\ &= 527 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Control nilai ϕ :

$$a = \frac{\text{As. } f_y}{0.85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{527 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} = 6.045$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{6.045}{0.764} = 7.91$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0.003 = \frac{263.5-7.91}{7.91} \times 0.003 = 0.097$$

$$E_t \geq 0.005$$

$$0.097 \geq 0.005 \text{ (OK)}$$

Jadi, factor reduksi $\phi = 0.9$ dapat digunakan syarat jarak maksimum

$$- S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 13$ mm, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{0.25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0.25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{527} \\ &= 251.74 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 251.74 < S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0.25 \times \pi \times d^2 \times b}{S} = \frac{0.25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{250} \\ &= 530.66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As pakai} = 530.66 \text{ mm}^2 \geq \text{As perlu} = 527 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipasang tulangan $\phi 13 - 250 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

$$\begin{aligned}
 - \quad A_s \min &\geq 1/3 A_s \text{ perlu} \\
 A_s \min &\geq 1/3 \times 527 \\
 A_s \min &\geq 175.67 \text{ mm}^2 \\
 - \quad S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{175.67} \\
 &= 755.21 \text{ mm dipakai } s = 450 \text{ mm} \\
 - \quad A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{450} \\
 &= 284.81 \text{ mm}^2 \geq 175.67 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan Ø 13-450 mm

4.6.2.2.4 Desain Tulangan Pelat Lantai Jalur Tengah Arah

Sumbu Y

- **Tumpuan**
- Mu Tumpuan = 82490000 n mm
- Tebal pelat = 300 mm
- Tebal Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = 16 mm
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa
- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa
- Dy = 300-30-(0.5 x 16)
- = 262 mm

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{82490000}{0.9 \times 1000 \times 262^2} = 1.34$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1.34}{390}} \right) = 0.0035$$

$$\rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ Max}$$

Maka dipakai $\rho = 0.0035$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0035 \times 1000 \times 262
 \end{aligned}$$

$$= 915.34 \text{ mm}^2$$

Control nilai \emptyset :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{915.34 \times 390}{0,85 \times 40 \times 1000} = 10.49$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10.49}{0,764} = 13.74$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{262-13.74}{13.74} \times 0,003 = 0.054$$

$$E_t \geq 0.005$$

$$0.054 \geq 0.005 \text{ (OK)}$$

Jadi, factor reduksi $\emptyset = 0.9$ dapat digunakan syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\emptyset 16 \text{ mm}$, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{915.34}$$

$$= 219.55 \text{ mm}$$

$$S = 219.55 < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

$$As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{200}$$

$$= 1004.8 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} = 1004.8 \text{ mm}^2 \geq As \text{ perlu} = 915.34 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 16 - 200 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari $1/3$ luasan atas.

- $As_{\min} \geq 1/3 As \text{ perlu}$
 $As_{\min} \geq 1/3 \times 915.34$
 $As_{\min} \geq 305.11 \text{ mm}^2$

- $$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{331.66}$$

$$= 434.8 \text{ mm dipakai } s = 400 \text{ mm}$$
- $$As \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{400}$$

$$= 334.66 \text{ mm}^2 \geq 305.11 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipasang tulangan Ø 16-400 mm

• **Lapangan**

- Mu Tumpuan = 48530000 n mm
- Tebal pelat = 300 mm
- Tebal Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = 13 mm
- Mutu baja (fy) = 390 MPa
- Mutu beton (f'c) = 40 MPa
- Dy = 300-30-(0.5 x 13)
- = 263.5 mm

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{48530000}{0.9 \times 1000 \times 263.5^2} = 0.78$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 0.78}{390}} \right) = 0.00201$$

$$\rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ Max}$$

Maka dipakai $\rho = 0.00201$

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0021 \times 1000 \times 263.5 \\ &= 530.85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Control nilai Ø :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0.85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{530.85 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} = 6.089$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{6.089}{0.764} = 7.97$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0.003 = \frac{263.5-7.97}{7.97} \times 0.003 = 0.096$$

$$Et \geq 0.005$$

$$0.096 \geq 0.005 \text{ (OK)}$$

Jadi, factor reduksi $\emptyset = 0.9$ dapat digunakan syarat jarak maksimum

$$- S < 3 h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{530.85}$$

$$= 249.91 \text{ mm}$$

$$S = 249.91 < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{200}$$

$$= 663.33 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 663.33 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 530.85 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 200 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari $1/3$ luasan atas.

$$- A_s \text{ min} \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$$

$$A_s \text{ min} \geq 1/3 \times 530.85$$

$$A_s \text{ min} \geq 176.95 \text{ mm}^2$$

$$- S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{176.95}$$

$$= 749.74 \text{ mm dipakai } s = 450 \text{ mm}$$

$$- A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{450}$$

$$= 294.81 \text{ mm}^2 \geq 176.95 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipasang tulangan $\emptyset 13 - 450 \text{ mm}$

Tabel 4. 68 Rekap Penulangan Pelat

Lokasi			Mu maksimum	Tulangan tarik yang dipakai			Tulangan Tekan yang dipakai		
Arah	Letak	Posisi							
X	Jalur Kolom	Tumpuan	241840000	Ø	22	100	Ø	16	150
X	Jalur Kolom	Lapangan	43390000	Ø	13	250	Ø	13	450
Y	Jalur Kolom	Tumpuan	240000000	Ø	22	100	Ø	16	200
Y	Jalur Kolom	Lapangan	46450000	Ø	13	250	Ø	13	450
X	Tengah	Tumpuan	72570000	Ø	13	150	Ø	13	450
X	Tengah	Lapangan	52150000	Ø	13	200	Ø	13	450
Y	Tengah	Tumpuan	82490000	Ø	16	200	Ø	13	400
Y	Tengah	Lapangan	48530000	Ø	13	200	Ø	13	450

4.6.2.2.4. Desain Tulangan Pelat Hubungan Antara Pelat dan *Shearwall*

A. Arah X

- Mu Tumpuan = $1.5 \times 111130000 \text{ n mm}$
= 166695000 n mm
- Tebal pelat = 300 mm
- Tebal Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = 25 mm
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa
- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa

$$D_x = 300 - 30 - 16 - (0.5 \times 22) = 243 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{166695000}{0.9 \times 1000 \times 243^2} = 3.14$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 3.14}{390}} \right) = 0.0085$$

$$\rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ Max}$$

$$\text{Maka dipakai } \rho = 0.0085$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0085 \times 1000 \times 243 \\ &= 2053.95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Control nilai Ø :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{2053.95 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} = 23.56$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{23.56}{0.764} = 30.83$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{243-30.83}{30.83} \times 0,003 = 0.021$$

$$E_t \geq 0.005$$

$$0.021 \geq 0.005 \text{ (OK)}$$

Jadi, factor reduksi $\phi = 0.9$ dapat digunakan syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\phi 22 \text{ mm}$, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{2053.95}$$

$$= 184.98 \text{ mm}$$

$$S = 184.98 < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 150 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{150}$$

$$= 2532.93 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 2532.93 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 2053.95 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipasang tulangan $\phi 22 - 150 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_s \text{ min} \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$
 $A_s \text{ min} \geq 1/3 \times 2053.95$
 $A_s \text{ min} \geq 684.65 \text{ mm}^2$
 $d_{\text{tulangan}} = 13 \text{ mm}$

- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{684.65}$
 $= 193.77 \text{ mm}$

$$S < 450 \text{ mm, jadi dipakai } S = 150 \text{ mm}$$

$$\bullet \quad \text{As pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{150}$$

$$= 884.43 \text{ mm}^2 \geq 684.65 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipasang tulangan Ø 13-150 mm

A. Arah Y

- Mu Tumpuan = 1.5 x 105980000 n mm
= 158970000 n mm
 - Tebal pelat = 300 mm
 - Tebal Selimut Beton = 30 mm
 - Diameter Tulangan = 25 mm
 - Mutu baja (fy) = 390 MPa
 - Mutu beton (f'c) = 40 MPa
- Dy = 300 - 30 - (0.5 x 16)
= 270 mm

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{158970000}{0.9 \times 1000 \times 270^2} = 2.42$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 2.42}{390}} \right) = 0.0065$$

$$\rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ Max}$$

Maka dipakai $\rho = 0.0065$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0065 \times 1000 \times 270 \\ &= 1741.88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Control nilai Ø :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0.85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{1741.88 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} = 19.98$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{19.98}{0.764} = 26.14$$

$$Et = \frac{d-c}{c} \times 0.003 = \frac{270-26.14}{26.14} \times 0.003 = 0.028$$

$$Et \geq 0.005$$

$$0.028 \geq 0.005 \text{ (OK)}$$

Jadi, factor reduksi $\phi = 0.9$ dapat digunakan syarat jarak maksimum

- $S < 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm

Dipakai tulangan $\phi 16 \text{ mm}$, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1741.88}$$

$$= 115.37 \text{ mm}$$

$$S = 115.37 < S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{100}$$

$$= 2009.6 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 2009.6 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 1741.88 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipasang tulangan $\phi 16 - 100 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 2847:2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari $1/3$ luasan atas.

- $A_s \text{ min} \geq 1/3 A_s \text{ perlu}$
 $A_s \text{ min} \geq 1/3 \times 1741.88$
 $A_s \text{ min} \geq 580.63 \text{ mm}^2$
 $d_{\text{tulangan}} = 13 \text{ mm}$

- $S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{580.63}$
 $= 228.46 \text{ mm}$

$$S < 450 \text{ mm, jadi dipakai } S = 200 \text{ mm}$$

- $A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{200}$
 $= 663.33 \text{ mm}^2 \geq 580.63 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$

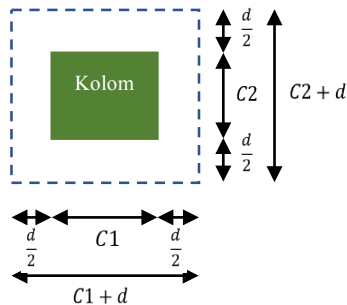
Jadi dipasang tulangan $\phi 13 - 200 \text{ mm}$

4.6.2.3. Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser

Dalam Desain pelat tanpa balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat geser perlu dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup

Tabel 4. 69 Gaya Yang Terjadi Pada Kolom

Letak kolom	Ukuran	Arah	V_u (Kn)	M_u (Kn-m)
Interior	1000x1000	x	-563.98	-783.08
Eksterior	1000x1000	x	198.55	-241.84
Interior	1000x1000	y	-330.18	-403.78
Eksterior	1000x1000	y	102.93	-314.93
Interior	800x800	x	-408.04	-407.76
Eksterior	800x800	x	-357.05	-320.97
Interior	800x800	y	678.21	-454
Eksterior	800x800	y	-50	-188.3
Interior	650x650	x	-315.21	-371.83
Eksterior	650x650	x	-303.65	-259.32
Interior	650x650	y	580.83	-381.96
Eksterior	650x650	y	-54	-180.94



- a. Kolom 1000 X 1000 Interior arah X
- V_u : 563980 N
 - Pelat : 300 mm
 - Drop Panel : 100 mm
 - Selimut : 30 mm

- C1,C2 : 1000,1000
- α kolom interior : 30 mm
- α kolom eksterior : 40 mm
- d : (300+100)-30-22-(22/2)
: 337 mm
- bo : 2 x (C1 + d+ C2 +d)
: 5348 mm
- Ao : bo x d
: 1802276 mm²
- $V_{c(1)}$: $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} \text{ bo x d}}{6}$
: 5699297.13 N
- $V_{c(2)}$: $\left(\frac{\alpha_s \text{ x d}}{\text{bo}} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \text{ x bo x d}}{12}$
: 3695449.27 N
- $V_{c(3)}$: $\frac{1}{3} \text{ x bo x d x } \sqrt{f_c}$
: 3799531.42 N
- V_c pakai : 3695449.27 N
- $0.75 V_c \text{ pakai} > V_u$
2771586.95 > 563980 (OK)
- Tidak memerlukan tulangan geser

b. Kolom 1000 X 1000 Eksterior arah X

- V_u : 198550 N
- Pelat : 300 mm
- Selimut : 20 mm
- C1,C2 : 1000,1000
- α kolom interior : 30 mm
- α kolom eksterior : 40 mm
- d : (300)-30-22-(22/2)
: 237 mm
- bo : 2 x (C1 + d/2+ C2 +d)
: 4711 mm
- Ao : bo x d
: 1116507 mm²
- $V_{c(1)}$: $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} \text{ bo x d}}{6}$

- : 3530705.14 N
- $V_{c(2)}$: $\left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12}$
: 2361048.21 N
- $V_{c(3)}$: $\frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c}$
: 2353803.43 N
- V_c pakai : 2353803.43 N
- $0.75 V_c \text{ pakai} > V_u$
1765352.57 > 198550 (OK)
- Tidak memerlukan tulangan geser

c. Kolom 1000 X 1000 Interior arah Y

- V_u : 330180 N
- Pelat : 300 mm
- Drop Panel : 100 mm
- Selimut : 30 mm
- C1,C2 : 1000,1000
- α kolom interior : 30 mm
- α kolom eksterior : 40 mm
- d : $(300+100)-30-22-(22/2)$
: 337 mm
- b_o : $2 \times (C1 + d + C2 + d)$
: 5348 mm
- A_o : $b_o \times d$
: 1802276 mm²
- $V_{c(1)}$: $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{6}$
: 5699297.13 N
- $V_{c(2)}$: $\left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12}$
: 3695449.27 N
- $V_{c(3)}$: $\frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c}$
: 3799531.42 N
- V_c pakai : 3695449.27 N
- $0.75 V_c \text{ pakai} > V_u$
2771586.95 > 330180 (OK)

Tidak memerlukan tulangan geser

d. Kolom 1000 X 1000 Eksterior arah Y

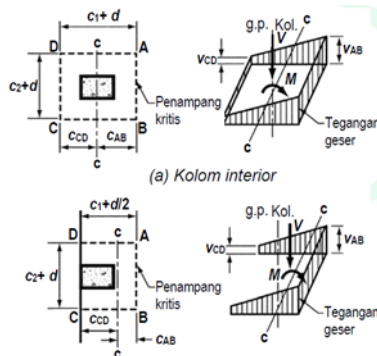
- V_u : 102930 N
 - Pelat : 300 mm
 - Selimut : 30 mm
 - C1,C2 : 1000,1000
 - α kolom interior : 30 mm
 - α kolom eksterior : 40 mm
 - d : (300)-30-22-(22/2)
: 237 mm
 - b_o : $2 \times (C1 + d/2 + C2 + d)$
: 4711 mm
 - A_o : $b_o \times d$
: 1116507 mm²
 - $V_{c(1)}$: $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{6}$
: 3530705.14 N
 - $V_{c(2)}$: $\left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12}$
: 2361048.21 N
 - $V_{c(3)}$: $\frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c}$
: 2353803.43 N
 - $V_{c \text{ pakai}}$: 2353803.43 N
 - $0.75 V_{c \text{ pakai}} > V_u$
1765352.57 > 102930 (OK)
- Tidak memerlukan tulangan geser

Tabel 4. 70 Rekapitulasi Pemeriksaan Tebal Pelat

Letak kolom	Ukuran	Arah	V_u (Kn)	M_u (Kn-m)	0.75 v_c pakai	Kontrol
Interior	1000x1000	x	-563.98	-783.08	2771586.952	OK tidak memerlukan tulangan geser
Eksterior	1000x1000	x	198.55	-241.84	1765352.572	OK tidak memerlukan tulangan geser
Interior	1000x1000	y	-330.18	-403.78	2771586.952	OK tidak memerlukan tulangan geser
Eksterior	1000x1000	y	102.93	-314.93	1765352.572	OK tidak memerlukan tulangan geser
Interior	800x800	x	-408.04	-407.76	2423373.538	OK tidak memerlukan tulangan geser
Eksterior	800x800	x	-357.05	-320.97	1465568.65	OK tidak memerlukan tulangan geser
Interior	800x800	y	678.21	-454	2423373.538	OK tidak memerlukan tulangan geser
Eksterior	800x800	y	-50	-188.3	1465568.65	OK tidak memerlukan tulangan geser
Interior	650x650	x	-315.21	-371.83	2103667.266	OK tidak memerlukan tulangan geser
Eksterior	650x650	x	-303.65	-259.32	1240730.708	OK tidak memerlukan tulangan geser
Interior	650x650	y	580.83	-381.96	2103667.266	OK tidak memerlukan tulangan geser
Eksterior	650x650	y	-54	-180.94	1240730.708	OK tidak memerlukan tulangan geser

4.6.2.4. Pelimpahan Momen dan Gaya Geser pada Pertemuan Pelat dan Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.11.7.1, dalam Desain pelat tanpa balok penumpu diperlukan peninjauan terhadap momen tak berimbang pada muka kolom penumpu, sehingga apabila beban gravitasi, angin, gempa atau beban lateral lainnya menyebabkan terjadinya perpindahan momen antara pelat dan kolom, maka dari sebagian momen yang tak berimbang harus dilimpahkan sebagai lentur pada keliling kolom dan sebagian menjadi tegangan geser eksentris.



Tabel 4. 71 Pelimpahan Gaya Geser
(Sumber : SNI 2847-2013 Gambar S11.11.7.2)

- a. Kolom 1000 x 1000 Interior arah x
- $$\begin{aligned} V_u &= 563980 \text{ N} \\ \mu &= 438230 \text{ N-m} \\ A_o &= 1802276 \text{ mm}^2 \\ &= 1.8 \text{ m}^2 \\ d &= 337 \text{ mm} = 0.337 \text{ m} \\ c_1, c_2 + d &= 1000 + 337 = 1337 \text{ mm} \\ &= 1.337 \text{ m} \\ C_{ab} &= \frac{1}{2} \times 1.337 = 0.67 \text{ m} \\ J_c &= \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2} \\ &= 0.55 \\ \gamma_v &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1+d}{c_2+d}}} \\ &= 0.4 \text{ m}^4 \\ V_{uAB} &= \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times \mu \times C_{ab}}{J_c} \\ &= -527753 \text{ N/m}^2 \\ V_{uCD} &= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times \mu \times C_{ab}}{J_c} \\ &= 98100.5244 \text{ N/m}^2 \\ V_u \text{ perlu} &= 527752.56 \text{ N-m}^2 = 0.53 \text{ N/mm}^2 \\ \phi V_c &= \phi \times 0.17 \times \sqrt{f_c} \\ &= 0.806 \text{ N/mm}^2 \\ V_u &< \phi V_c \text{ (Tidak butuh tulangan geser)} \end{aligned}$$
- b. Kolom 1000 x 1000 Eksterior arah x
- $$\begin{aligned} V_u &= 198550 \text{ N} \\ \mu &= -166300 \text{ N-m} \\ A_o &= 1116507 \text{ mm}^2 \\ &= 1.12 \text{ m}^2 \\ d &= 237 \text{ mm} = 0.237 \text{ m} \\ c_1, c_2 + d &= 1000 + 237 = 1237 \text{ mm} \\ &= 1.237 \text{ m} \\ C_{ab} &= \frac{1}{2} \times 1.237 = 0.619 \text{ m} \end{aligned}$$

$$J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c2+d)(c1+d)^2}{2}$$

$$= 0.302$$

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}}$$

$$= 0.4 \text{ m}^4$$

$$V_{uAB} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times Mu \times Cab}{J_c}$$

$$= 41511.8 \text{ N/m}^2$$

$$V_{uCD} = \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times Mu \times Cab}{J_c}$$

$$= 314151.04 \text{ N/m}^2$$

$$V_u \text{ perlu} = 314151.04 \text{ N-m}^2 = 0.314 \text{ N/mm}^2$$

$$\phi V_c = \phi \times 0.17 \times \sqrt{f_c}$$

$$= 0.806 \text{ N/mm}^2$$

$V_u < \phi V_c$ (Tidak butuh tulangan geser)

c. Kolom 1000 x 1000 Interior arah Y

$$V_u = -330180 \text{ N}$$

$$Mu = 403780 \text{ N-m}$$

$$A_o = 1802276 \text{ mm}^2$$

$$= 1.803 \text{ m}^2$$

$$d = 337 \text{ mm} = 0.337 \text{ m}$$

$$c1, c2 + d = 1000 + 337 = 1337 \text{ mm}$$

$$= 1.347 \text{ m}$$

$$Cab = \frac{1}{2} \times 1.337 = 0.669 \text{ m}$$

$$J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c2+d)(c1+d)^2}{2}$$

$$= 0.545$$

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}}$$

$$= 0.4 \text{ m}^4$$

$$V_{uAB} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times Mu \times Cab}{J_c}$$

$$= -381140 \text{ N/m}^2$$

$$V_{uCD} = \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times Mu \times Cab}{J_c}$$

$$= 14736.49 \text{ N/m}^2$$

$$V_u \text{ perlu} = 381139.86 \text{ N-m}^2 = 0.38 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \times 0.17 \times \sqrt{f_c} \\ &= 0.806 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$V_u < \phi V_c \text{ (Tidak butuh tulangan geser)}$$

d. Kolom 1000 x 1000 Interior arah Y

$$V_u = 102930 \text{ N}$$

$$M_u = -314930 \text{ N-m}$$

$$\begin{aligned}A_o &= 1116507 \text{ mm}^2 \\ &= 1.117 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$d = 237 \text{ mm} = 0.237 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}c_1, c_2 + d &= 1000 + 237 = 1237 \text{ mm} \\ &= 1.237 \text{ m}\end{aligned}$$

$$C_{ab} = \frac{1}{2} \times 1.237 = 0.619 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}J_c &= \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2} \\ &= 0.302\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\gamma_v &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1+d}{c_2+d}}} \\ &= 0.4 \text{ m}^4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{uAB} &= \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\ &= -165966 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{uCD} &= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\ &= 350344.12 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

$$V_u \text{ perlu} = 350344.12 \text{ N-m}^2 = 0.36 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \times 0.17 \times \sqrt{f_c} \\ &= 0.806 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$V_u < \phi V_c \text{ (Tidak butuh tulangan geser)}$$

Tabel 4. 72 Rekapitulasi Pelimpahan Momen dan Gaya geser Terhadap Pelat

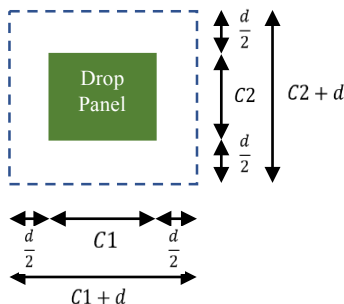
Letak Kolom	Ukuran	Arah	V_u (Kn)	M_u	V_u perlu (N/m ²)	ϕV_c	Kontrol
Interior	1000 x 1000	x	-563.98	-438.23	0.527752564	0.8063808	OK
Eksterior	1000 x 1000	x	198.55	-166.3	0.314151042	0.8063808	OK
Interior	1000 x 1000	y	-330.18	-403.78	0.381139869	0.8063808	OK
Eksterior	1000 x 1000	y	102.93	-314.93	0.350344116	0.8063808	OK
Interior	800x800	x	-461.413	-415.29	0.580875895	0.8063808	OK
Eksterior	800x800	x	-365.741	-278.89	0.718633666	0.8063808	OK
Interior	800x800	y	627.23	-454	0.715146866	0.8063808	OK
Eksterior	800x800	y	-133.59	-188.3	0.362916459	0.8063808	OK
Interior	650x650	x	-315.21	-371.83	0.567075521	0.8063808	OK
Eksterior	650x650	x	-303.65	-259.32	0.796860509	0.8063808	OK
Interior	650x650	y	580.83	-394.23	0.786608066	0.8063808	OK
Eksterior	650x650	y	-54	-180.94	0.354822933	0.8063808	OK

4.6.2.5. Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser Pada Drop Panel

Dalam Desain pelat tanpa balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat geser perlu dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup

Tabel 4. 73 Gaya Pada Pelat

Letak Drop panel	Ukuran	Arah	V_u (Kn)	M_u (Kn-m)
Daerah Kolom	3000x3000	x	-563.98	224.47
Daerah Shearwall	3000x3000	x	-365.741	308.73
Daerah Kolom	3000x3000	y	627.23	253
Daerah Shearwall	3000x3000	y	102.93	312.53



- a. Drop Panel 3000 X 3000 Daerah Kolom arah X
 V_u = -563980 N
 Pelat = 300 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Selimut} &= 30 \text{ mm} \\
 C1, C2 &= 3000, 3000 \\
 \alpha \text{ drop panel interior} &= 30 \text{ mm} \\
 d &= (300) - 30 - 22 - (22/2) \\
 &= 237 \text{ mm} \\
 b_o &= 2 \times (C1 + d + C2 + d) \\
 &= 12948 \text{ mm} \\
 A_o &= b_o \times d \\
 &= 3068676 \text{ mm}^2 \\
 V_{c(1)} &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o \times d}{6} \\
 &= 9704005.56 \text{ N} \\
 V_{c(2)} &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o \times d}{12} \\
 &= 4122778.39 \text{ N} \\
 V_{c(3)} &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c} \\
 &= 6469337.04 \text{ N} \\
 V_c \text{ pakai} &= 4122778.39 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0.75 V_c \text{ pakai} &> V_u \\
 3098083.79 &> 563980 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Tidak memerlukan tulangan geser

b. Drop Panel 3000 X 3000 Daerah Kolom arah Y

$$\begin{aligned}
 V_u &= -627230 \text{ N} \\
 \text{Pelat} &= 300 \text{ mm} \\
 \text{Selimut} &= 30 \text{ mm} \\
 C1, C2 &= 3000, 3000 \\
 \alpha \text{ drop panel interior} &= 30 \text{ mm} \\
 d &= (300) - 30 - 22 - (22/2) \\
 &= 237 \text{ mm} \\
 b_o &= 2 \times (C1 + d + C2 + d) \\
 &= 12948 \text{ mm} \\
 A_o &= b_o \times d \\
 &= 3068676 \text{ mm}^2 \\
 V_{c(1)} &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o \times d}{6} \\
 &= 9704005.56 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_{c(2)} = \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12}$$

$$= 4122778.39 \text{ N}$$

$$V_{c(3)} = \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c}$$

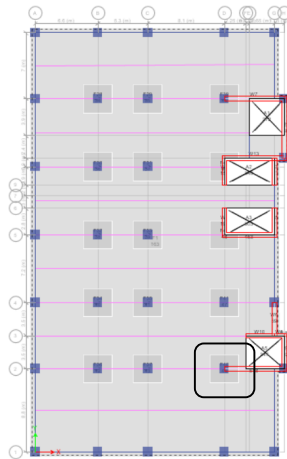
$$= 6469337.04 \text{ N}$$

$$V_{c \text{ pakai}} = 4122778.39 \text{ N}$$

$$0.75 V_{c \text{ pakai}} > V_u$$

$$3098083.79 > 627230 \text{ (OK)}$$

Tidak memerlukan tulangan geser



Gambar 4. 52 Gambar Drop Panel Yang Ditinjau

- c. Drop Panel 3000 X 3000 Daerah *Shearwall* arah X

$$V_u = 365700 \text{ N}$$

$$\text{Pelat} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut} = 30 \text{ mm}$$

$$C1, C2 = 3000, 3000$$

$$\alpha \text{ drop panel interior} = 30 \text{ mm}$$

$$d = (300) - 30 - 22 - (22/2)$$

$$= 237 \text{ mm}$$

$$b_o = 2 \times (C1 + d + C2 + d)$$

$$\begin{aligned}
 &= 12948 \text{ mm} \\
 A_o &= b_o \times d \\
 &= 3068676 \text{ mm}^2 \\
 V_{c(1)} &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} b_o \times d}{6} \\
 &= 9704005.56 \text{ N} \\
 V_{c(2)} &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12} \\
 &= 4122778.39 \text{ N} \\
 V_{c(3)} &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c} \\
 &= 6469337.04 \text{ N} \\
 V_c \text{ pakai} &= 4122778.39 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$0.75 V_c \text{ pakai} > V_u$$

$$3098083.79 > 365700 \quad (\text{OK})$$

Tidak memerlukan tulangan geser

d. Drop Panel 3000 X 3000 Daerah *Shearwall* arah Y

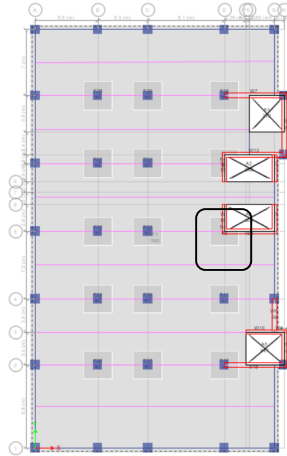
$$\begin{aligned}
 V_u &= 102930 \text{ N} \\
 \text{Pelat} &= 300 \text{ mm} \\
 \text{Selimut} &= 30 \text{ mm} \\
 C1, C2 &= 3000, 3000 \\
 \alpha \text{ drop panel interior} &= 30 \text{ mm} \\
 d &= (300) - 30 - 22 - (22/2) \\
 &= 237 \text{ mm} \\
 b_o &= 2 \times (C1 + d + C2 + d) \\
 &= 12948 \text{ mm} \\
 A_o &= b_o \times d \\
 &= 3068676 \text{ mm}^2 \\
 V_{c(1)} &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} b_o \times d}{6} \\
 &= 9704005.56 \text{ N} \\
 V_{c(2)} &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12} \\
 &= 4122778.39 \text{ N} \\
 V_{c(3)} &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c} \\
 &= 6469337.04 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_c \text{ pakai} = 4122778.39 \text{ N}$$

$$0.75 V_c \text{ pakai} > V_u$$

$$3098083.79 > 102930 \quad (\text{OK})$$

Tidak memerlukan tulangan geser



Gambar 4. 53 Letak Drop Panel Yang Ditinjau

- e. Drop Panel 3000 X 3000 Daerah *Shearwall* arah X

$$V_u = 204940 \text{ N}$$

$$\text{Pelat} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut} = 30 \text{ mm}$$

$$C1, C2 = 3000, 3000$$

$$\alpha \text{ drop panel interior} = 30 \text{ mm}$$

$$d = (300) - 30 - 22 - (22/2)$$

$$= 237 \text{ mm}$$

$$b_o = (C1 + d + C2 + d) + (C1/2 + d/2 + C2/2 + d/2)$$

$$= 9711 \text{ mm}$$

$$A_o = b_o \times d$$

$$= 2301507 \text{ mm}^2$$

$$V_{c(1)} = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_{cx}} b_o \times d}{6}$$

$$\begin{aligned}
 &= 7278004.17 \text{ N} \\
 V_{c(2)} &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12} \\
 &= 3314111.26 \text{ N} \\
 V_{c(3)} &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c} \\
 &= 4852002.78 \text{ N} \\
 V_{c \text{ pakai}} &= 3314111.26 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$0.75 V_{c \text{ pakai}} > V_u$$

$$2485583.45 > 204940 \quad (\text{OK})$$

Tidak memerlukan tulangan geser

- f. Drop Panel 3000 X 3000 Daerah *Shearwall* arah X

$$\begin{aligned}
 V_u &= 300500 \text{ N} \\
 \text{Pelat} &= 300 \text{ mm} \\
 \text{Selimut} &= 30 \text{ mm} \\
 C1, C2 &= 3000, 3000 \\
 \alpha \text{ drop panel interior} &= 30 \text{ mm} \\
 d &= (300) - 30 - 22 - (22/2) \\
 &= 237 \text{ mm} \\
 b_o &= (C1 + d + C2 + d) + \\
 &\quad (C1/2 + d/2 + C2/2 + d/2) \\
 &= 9711 \text{ mm} \\
 A_o &= b_o \times d \\
 &= 2301507 \text{ mm}^2 \\
 V_{c(1)} &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{6} \\
 &= 7278004.17 \text{ N} \\
 V_{c(2)} &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12} \\
 &= 3314111.26 \text{ N} \\
 V_{c(3)} &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c} \\
 &= 4852002.78 \text{ N} \\
 V_{c \text{ pakai}} &= 3314111.26 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$0.75 V_{c \text{ pakai}} > V_u$$

$$2485583.45 > 300500 \quad (\text{OK})$$

Tidak memerlukan tulangan geser

4.6.2.6. Pelimpahan Momen dan Gaya Geser pada Pertemuan Pelat dan Drop Panel

- a. Drop Panel 3000 x 3000 Daerah Kolom arah x

$$V_u = 564000 \text{ N}$$

$$M_u = 224470 \text{ N-m}$$

$$A_o = 3068676 \text{ mm}^2 \\ = 3.07 \text{ m}^2$$

$$d = 237 \text{ mm} = 0.237 \text{ m}$$

$$c1, c2 + d = 3000 + 237 = 3237 \text{ mm} \\ = 3.24 \text{ m}$$

$$C_{ab} = \frac{1}{2} \times 3.24 = 1.62 \text{ m}$$

$$J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c2+d)(c1+d)^2}{2} \\ = 5.366$$

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}} \\ = 0.4 \text{ m}^4$$

$$V_{uAB} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\ = 210867 \text{ N/m}^2$$

$$V_{uCD} = \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\ = 210867 \text{ N/m}^2$$

$$V_u \text{ perlu} = 210867 \text{ N-m}^2 = 0.21 \text{ N/mm}^2$$

$$\phi V_c = \phi \times 0.17 \times \sqrt{f_c} \\ = 0.806 \text{ N/mm}^2$$

$V_u < \phi V_c$ (Tidak butuh tulangan geser)

- b. Drop Panel 3000 x 3000 Daerah Kolom arah Y

$$V_u = 627230 \text{ N}$$

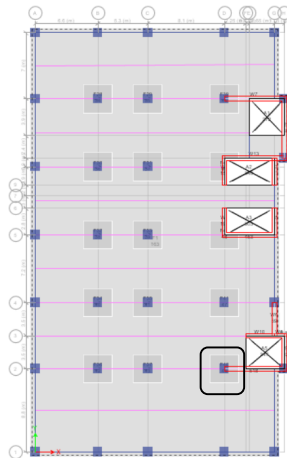
$$M_u = 253000 \text{ N-m}$$

$$A_o = 3068676 \text{ mm}^2 \\ = 3.07 \text{ m}^2$$

$$d = 237 \text{ mm} = 0.237 \text{ m}$$

$$c1, c2 + d = 3000 + 237 = 3237 \text{ mm} \\ = 3.24 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 C_{ab} &= \frac{1}{2} \times 3.24 = 1.62 \text{ m} \\
 J_c &= \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c^2+d)(c+d)^2}{2} \\
 &= 5.366 \\
 \gamma_v &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c+d}{c^2+d}}} \\
 &= 0.4 \text{ m}^4 \\
 V_{uAB} &= \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\
 &= 173875 \text{ N/m}^2 \\
 V_{uCD} &= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\
 &= 173874.65 \text{ N/m}^2 \\
 V_u \text{ perlu} &= 173874.65 \text{ N-m}^2 = 0.17 \text{ N/mm}^2 \\
 \phi V_c &= \phi \times 0.17 \times \sqrt{f_c} \\
 &= 0.806 \text{ N/mm}^2 \\
 V_u &< \phi V_c \text{ (Tidak butuh tulangan geser)}
 \end{aligned}$$

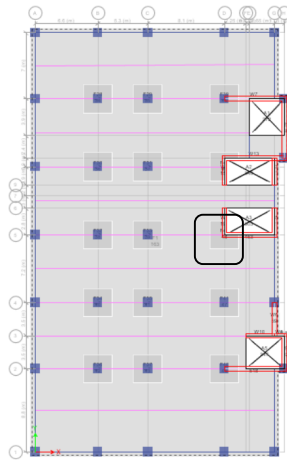


Gambar 4. 54 Letak Drop Panel Yang Ditinjau

- c. Drop Panel 3000 x 3000 Daerah *Shearwall* arah x
 $V_u = 365700 \text{ N}$

$$\begin{aligned}
\text{Mu} &= 308730 \text{ N-m} \\
\text{Ao} &= 3068676 \text{ mm}^2 \\
&= 3.07 \text{ m}^2 \\
d &= 237 \text{ mm} = 237 \text{ m} \\
c1, c2 + d &= 3000 + 237 = 3237 \text{ mm} \\
&= 3.24 \text{ m} \\
\text{Cab} &= \frac{1}{2} \times 3.24 = 1.62 \text{ m} \\
\text{Jc} &= \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c2+d)(c1+d)^2}{2} \\
&= 5.366 \\
\gamma_v &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}} \\
&= 0.4 \text{ m}^4 \\
\text{VuAB} &= \frac{\text{Vu}}{\text{Ao}} + \frac{\gamma_v \times \text{Mu} \times \text{Cab}}{\text{Jc}} \\
&= 819388 \text{ N/m}^2 \\
\text{VuCD} &= \frac{\text{Vu}}{\text{Ao}} - \frac{\gamma_v \times \text{Mu} \times \text{Cab}}{\text{Jc}} \\
&= 156431.71 \text{ N/m}^2 \\
\text{Vu perlu} &= 156431.71 \text{ N-m}^2 = 0.156 \text{ N/mm}^2 \\
\phi V_c &= \phi \times 0.17 \times \sqrt{f_c} \\
&= 0.806 \text{ N/mm}^2 \\
\text{Vu} &< \phi V_c \text{ (Tidak butuh tulangan geser)} \\
\text{d. Drop Panel } 3000 \times 3000 \text{ Daerah } \textit{Shearwall} \text{ arah Y} \\
\text{Vu} &= 102930 \text{ N} \\
\text{Mu} &= 312530 \text{ N-m} \\
\text{Ao} &= 3068676 \text{ mm}^2 \\
&= 3.07 \text{ m}^2 \\
d &= 237 \text{ mm} = 237 \text{ m} \\
c1, c2 + d &= 3000 + 237 = 3237 \text{ mm} \\
&= 3.24 \text{ m} \\
\text{Cab} &= \frac{1}{2} \times 3.24 = 1.62 \text{ m} \\
\text{Jc} &= \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c2+d)(c1+d)^2}{2} \\
&= 5.366
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \gamma_v &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}} \\
 &= 0.4 \text{ m}^4 \\
 V_{uAB} &= \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\
 &= 71247.04 \text{ N/m}^2 \\
 V_{uCD} &= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\
 &= 4162.73 \text{ N/m}^2 \\
 V_u \text{ perlu} &= 71247.04 \text{ N-m}^2 = 0.07 \text{ N/mm}^2 \\
 \phi V_c &= \phi \times 0.17 \times \sqrt{f_c} \\
 &= 0.806 \text{ N/mm}^2 \\
 V_u &< \phi V_c \text{ (Tidak butuh tulangan geser)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 55 Letak Drop Panel Yang Ditinjau

- e. Drop Panel 3000 x 3000 Daerah *Shearwall* arah x
- $$\begin{aligned}
 V_u &= 204940 \text{ N} \\
 M_u &= 72980 \text{ N-m} \\
 A_o &= 2301507 \text{ mm}^2 \\
 &= 2.302 \text{ m}^2 \\
 d &= 237 \text{ mm} = 237 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$c1, c2 + d = 3000 + 237 = 3237 \text{ mm} \\ = 3.24 \text{ m}$$

$$Cab = \frac{1}{2} \times 3.24 = 1.62 \text{ m}$$

$$Jc = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c2+d)(c1+d)^2}{2} \\ = 5.366$$

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}} \\ = 0.4 \text{ m}^4$$

$$Vu_{AB} = \frac{Vu}{Ao} + \frac{\gamma_v \times Mu \times Cab}{Jc} \\ = 97850.61 \text{ N/m}^2$$

$$Vu_{CD} = \frac{Vu}{Ao} - \frac{\gamma_v \times Mu \times Cab}{Jc} \\ = 80241.4 \text{ N/m}^2$$

$$Vu_{\text{perlu}} = 97850.61 \text{ N-m}^2 = 0.098 \text{ N/mm}^2$$

$$\phi Vc = \phi \times 0.17 \times \sqrt{f'_c} \\ = 0.806 \text{ N/mm}^2$$

$$Vu < \phi Vc \text{ (Tidak butuh tulangan geser)}$$

f. Drop Panel 3000 x 3000 Daerah *Shearwall* arah x

$$Vu = 300500 \text{ N}$$

$$Mu = 110980 \text{ N-m}$$

$$Ao = 2301507 \text{ mm}^2 \\ = 2.302 \text{ m}^2$$

$$d = 237 \text{ mm} = 0.237 \text{ m}$$

$$c1, c2 + d = 3000 + 237 = 3237 \text{ mm} \\ = 3.24 \text{ m}$$

$$Cab = \frac{1}{2} \times 3.24 = 1.62 \text{ m}$$

$$Jc = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{d^3(c+d)}{6} + \frac{d(c2+d)(c1+d)^2}{2} \\ = 5.366$$

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}} \\ = 0.4 \text{ m}^4$$

$$Vu_{AB} = \frac{Vu}{Ao} + \frac{\gamma_v \times Mu \times Cab}{Jc}$$

$$\begin{aligned}
 &= 143955.7 \text{ N/m}^2 \\
 V_{uCD} &= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \\
 &= 117177.55 \text{ N/m}^2 \\
 V_u \text{ perlu} &= 143955 \text{ N-m}^2 = 0.14 \text{ N/mm}^2 \\
 \phi V_c &= \phi \times 0.17 \times \sqrt{f_c} \\
 &= 0.806 \text{ N/mm}^2 \\
 V_u &< \phi V_c \text{ (Tidak butuh tulangan geser)}
 \end{aligned}$$

4.6.2.7. Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan ini berfungsi sebagai tolak ukur kenyamanan dalam pemakaian struktur, dimana struktur yang mengalami lentur harus memiliki kekakuan yang cukup untuk mengatasi lendutan, adapun ketentuan untuk pelat dua arah ini mengacu pada SNI 2847 – 2013 pasal 9.5 dengan rumusan:

$\Delta_{ijin} > \Delta_{terjadi}$

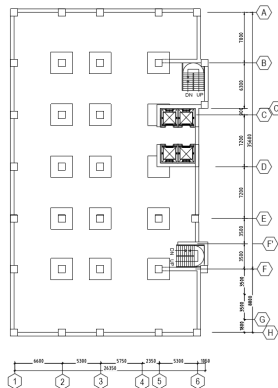
$$\begin{aligned}
 \Delta_{terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{q_{ijin} \times L^4}{E \times I_e} \\
 Q_{ijin} &= DL + LL \\
 &= 863 + 192 \\
 &= 1055 \text{ kg/m} \\
 &= 10.55 \text{ kg/cm} \\
 M_u &= 304310000 \text{ kgcm} \\
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{40} \\
 &= 29725.4 \text{ n/mm}^2 = 297254 \text{ kg/cm}^2 \\
 I_g &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 100 \times 30^3 \\
 &= 225000 \text{ cm}^4 \\
 F_r &= 0.062 \times \lambda \times \sqrt{40} \\
 &= 0.3921 \text{ n/mm}^2 \\
 Y_t &= 0.5 \times t \\
 &= 0.5 \times 30 \\
 &= 15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{cr} &= \frac{fr}{yt} I_g \\
&= \frac{0.3921}{15} 225000 \\
&= 5881.84 \text{ kgcm} \\
L_{cr} &= \left(\frac{1}{3} x b x yt^3 \right) + (As \text{ pasang} x yt^2) \\
&= \left(\frac{1}{3} x 100 x 15^3 \right) + (36.41 x 15^2) \\
&= 120692.18 \text{ cm}^4 \\
I_e &= \frac{M_{cr}}{M_a} I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 L_{cr} \right) \\
&= \frac{5881.8}{304310000} 225000 + \left(1 - \left(\frac{5881.8}{304310000} \right)^3 120692.18 \right) \\
&= 120696.53 \text{ cm}^4 \\
\Delta \text{ terjadi} &= \frac{5}{384} x \frac{q \text{ ijin} x L^4}{E x I_e} \\
&= 2.296 \text{ cm} \\
\Delta \text{ ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{880}{360} = 2.444 \text{ cm} \\
\text{Syarat:} \\
\Delta \text{ ijin} = 2.44 \text{ cm} &> \Delta \text{ terjadi} = 2.296 \text{ cm (OK)}
\end{aligned}$$

4.6.3. Desain Drop Panel

4.6.3.1. Desain Drop Panel Daerah *Shear wall*

Drop panel memiliki fungsi utama untuk mengurangi tegangan geser di sekitar kolom.



Gambar 4. 56 Denah Drop Panel

Data Desain:

- Panjang : 3 m
- Lebar : 3m
- Tinggi : 100 mm
- B : 1000 mm
- Mutu Beton : 40 Mpa
- Mutu tulangan : 390 Mpa
- Decking : 30 mm
- Diameter Tulangan : 22 mm
- Tebal pelat : 300 mm
- Tinggi penahan momen : $300+100 = 400$ mm
- dx : $400-30-(0.5 \times 22) = 359$ mm
- dy : $400-30-22-(0.5 \times 22) = 337$ mm

4.6.3.1.1. Perhitungan Tulangan Drop Panel Daerah *Shearwall*

Gaya dalam yang diterima drop panel, output dari program bantu ETABS adalah:

- $M_{\text{arah y}} = 312530000$ n-mm
- $M_{\text{arah x}} = 308730000$ n-mm

4.6.3.1.2. Penulangan Momen arah x

$$B1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0.0404$$

$$\rho_{maks} = 0.025$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0404 = 0.0303$$

$$\rho_{min} = 0.002$$

Direncanakan menggunakan tulangan D 22

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$d_x = 359 \text{ mm}$$

$$d_y = 337 \text{ mm}$$

$$M_u = 308730000 \text{ n mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{390}{0,85 \times 40} = 11.471$$

$$R_n = \frac{M_u}{b d^2} = \frac{308730000}{1000 \times 359^2} = 2.39$$

$$P_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.471 \times 2.39}{390}} \right) = 0.0064$$

$$\rho_{max} = 0.025 > \rho_{perlu} = 0.0064 > \rho_{min} = 0.002 \text{ dipakai}$$

$$\rho_{perlu} = 0.0064$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0064 \times 1000 \times 359$$

$$= 2289 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{2289}$$

$$= 166.00 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø 22 – 150 mm

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{150} \\
 &= 2533 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &\geq \text{As perlu} \\
 2533 \text{ mm}^2 &\geq 2289 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

4.6.3.1.3. Penulangan Momen arah y

$$\begin{aligned}
 B1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \\
 &= 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0.0404
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.025$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0404 = 0.0303$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.002$$

Direncanakan menggunakan tulangan D 22

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 359 \text{ mm}$$

$$dy = 337 \text{ mm}$$

$$Mu = 312530000 \text{ n mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{390}{0,85 \times 40} = 11.471$$

$$R_n = \frac{Mu}{bd^2} = \frac{312530000}{1000 \times 337^2} = 2.75$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11.471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.471 \times 2.75}{390}} \right) = 0.0074
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.025 > \rho_{\text{perlu}} = 0.0106 > \rho_{\text{min}} = 0.002 \text{ dipakai}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0074$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0074 \times 1000 \times 337$$

$$= 2483 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{2483}$$

$$= 153.03 \text{ mm}$$

Dipakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai Ø 22 – 150 mm

$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{150}$$

$$= 2533 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ perlu}$

$2533 \text{ mm}^2 \geq 2483 \text{ mm}^2$ (OK)

4.6.3.2. Desain Drop Panel Daerah Kolom

Drop panel memiliki fungsi utama untuk mengurangi tegangan geser di sekitar kolom.

Data Desain:

- Panjang : 3 m
- Lebar : 3 m
- Tinggi : 100 mm
- B : 1000 mm
- Mutu Beton : 40 Mpa
- Mutu tulangan : 390 Mpa
- Decking : 30 mm
- Diameter Tulangan : 22 mm
- Tebal pelat : 300 mm
- Tinggi penahan momen : $300 + 100 = 400 \text{ mm}$
- dx : $400 - 30 - (0.5 \times 22) = 359 \text{ mm}$
- dy : $400 - 30 - 22 - (0.5 \times 22) = 337 \text{ mm}$

4.6.3.2.1. Perhitungan Tulangan Drop Panel

Gaya dalam yang diterima drop panel, output dari program bantu ETABS adalah:

- $M_{\text{arah } y} = 253000000 \text{ n-mm}$
- $M_{\text{arah } x} = 224470000 \text{ n-mm}$

4.6.3.2.2. Penulangan Momen arah x

$$B1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0.0404$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.025$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0404 = 0.0303$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.002$$

Direncanakan menggunakan tulangan D 22

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$d_x = 359 \text{ mm}$$

$$d_y = 337 \text{ mm}$$

$$M_u = 253000000 \text{ n mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{390}{0,85 \times 40} = 11.471$$

$$R_n = \frac{M_u}{b d^2} = \frac{253000000}{1000 \times 359^2} = 1.74$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.471 \times 1.74}{390}} \right) = 0.0046$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.025 > \rho_{\text{perlu}} = 0.0046 > \rho_{\text{min}} = 0.002 \text{ dipakai}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0046$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0046 \times 1000 \times 359$$

$$= 1647 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{A_s_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{1647}$$

$$= 230.75 \text{ mm}$$

Dipakai = 200 mm

Tulangan yang dipakai Ø 22 – 200 mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{200} \\ &= 1900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

kontrol:

As pakai \geq As perlu

$$1900 \text{ mm}^2 \geq 1647 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

4.6.3.2.3. Penulangan Momen arah y

$$\begin{aligned} B1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f_c - 28)}{7} \\ &= 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0.0404 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.025$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0404 = 0.0303$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.002$$

Direncanakan menggunakan tulangan D 22

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$d_x = 359 \text{ mm}$$

$$d_y = 337 \text{ mm}$$

$$M_u = 253000000 \text{ N mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{390}{0,85 \times 40} = 11.471$$

$$R_n = \frac{M_u}{b d^2} = \frac{253000000}{1000 \times 337^2} = 2.23$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11.471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.471 \times 2.23}{390}} \right) = 0.0059 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.025 > \rho_{\text{perlu}} = 0.0059 > \rho_{\text{min}} = 0.002 \text{ dipakai}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0059$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0059 \times 1000 \times 359 \\ &= 1993 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{1993} \\ &= 190.68 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai Ø 22 – 150 mm

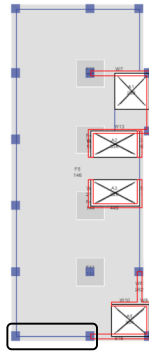
$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{150} \\ &= 2533 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &\geq \text{As perlu} \\ 2533 \text{ mm}^2 &\geq 1993 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

4.6.4. Desain Balok Tepi

Balok merupakan salah satu komponen rangka yang harus direncanakan sebaik mungkin agar tidak terjadi kegagalan struktur dan dapat menjamin keamanan bagi penghuninya. Komponen balok sebagai rangka pemikul momen selain bertugas menerima beban gravitasi mati dan hidup, balok induk ini juga menerima beban akibat gaya gempa yang terjadi. Desain penulangan balok mengacu pada SNI 2847- 2013 pasal 21 mengenai ketentuan khusus untuk Desain gempa.



Gambar 4. 57 Balok Tepi Yang Ditinjau

Desain penulangan balok tepi dapat dilakukan setelah mendapat hasil gaya dalam yang terjadi pada analisa struktur utama menggunakan program bantu ETABS. Dalam struktur bangunan ini terdapat 1 macam balok induk, yaitu balok ukuran 40/70.

4.6.4.1. Data Desain

Data-data desain dibutuhkan dalam perhitungan balok tepi adalah sebagai berikut:

- Dimensi : 40/70
- Tebal Decking : 40 mm
- Diameter tulangan lentur : 25 mm
- Diameter tulangan sengkang : 13 mm
- Diameter tulangan torsi : 25 mm
- Jarak spasi : 25 mm
- β_1 : 0.8
- faktor reduksi kekuatan lentur : 0.9
- faktor reduksi kekuatan geser : 0.75
- faktor reduksi kekuatan puntir : 0.75
- d : $h - (\text{decking} + D.\text{sengkang} + \frac{1}{2} D.\text{tul lentur})$
 : $700 - (40 + 13 + \frac{1}{2} 25)$
 : 634.5 mm

- d' : decking + D. Senggang + $\frac{1}{2}$ D. tul lentur

$$: 40 + 13 + \frac{1}{2} 25$$

$$: 65.5 \text{ mm}$$
- Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7}$$

$$= 0.764$$
- Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang diisyaratkan sebagai berikut:
 ρ balance

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0.764 \cdot 40}{f_y} \left(\frac{600}{600 + 40} \right)$$

$$\rho_b = 0.04$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \rho_b = 0.764$$

$$\rho_{maks} = 0.025$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{390} = 0.0041$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0.036$$

$$\rho_{min} \text{ pakai} = 0.0041$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot 40} = 11.47$$

4.6.4.2. Penulangan Torsi Balok Tepi

Desain penampang yang diakibatkan oleh torsi harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut :

$$\phi T_n \geq T_u \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal (11.5.3.5)})$$

Desain tulangan torsi berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor T_u kurang dari perumusan berikut :

$$T_u \leq \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal (11.5.1)})$$

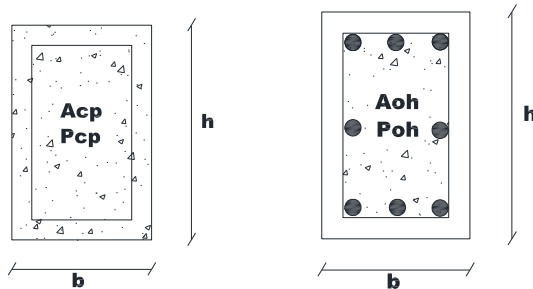
Keterangan:

A_{cp} = Luas penampang total

P_{cp} = keliling penampang total

λ = 1 (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1

ϕ = 0,75 (faktor reduksi beban torsi) SNI 2847:2013 pasal 9



Gambar 4. 58 Penampang Balok

- A_{cp} = luas yang dibatasi oleh keliling penampang beton
 $= b \times h = 700 \times 400 = 280000 \text{ mm}^2$
- P_{cp} = keliling penampang beton
 $= 2 \times (b+h) = 2 \times (400+700) = 2200 \text{ mm}$
- B_h = (b.balok - 2.tadecking - d.tul geser)
 $= (400-2 \times 40-13) = 307 \text{ mm}$
- H_h = (h.balok - 2.tdecking - d tul geser)
 $= (700-2 \times 40-13) = 607 \text{ mm}$
- A_{oh} = luasan penampang yang dibatasi tulangan Sengkang
 $= 307 \times 607 = 186349 \text{ mm}^2$
- P_{oh} = keliling penampang yang dibatasi tulangan Sengkang
 $= 2 \times (307+607) = 1828 \text{ mm}$
- Perhitungan tulangan transversal penahan torsi
 Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 pada perhitungan tulangan transversal penahan torsi nilai A_o dapat diambil sama dengan 0,85 A_{oh} dan nilai $\Theta = 45^\circ$
 $A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 186349 \text{ mm}^2 = 158396.65 \text{ mm}^2$

Tulangan torsi pada gedung Apartemen One East menggunakan hasil permodelan *Etabs* dan didapatkan nilai T dan Vu sebagai berikut:

a. Tumpuan

$$T_u = 145989300 \text{ n mm}$$

$$V_u = 366213.2 \text{ n}$$

$$T_u \leq 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot \left(\frac{28000^2}{2200} \right)$$

$$145989300 \text{ n mm} \geq 14030163.54 \text{ n mm}$$

(memerlukan tulangan torsi)

- Kontrol penampang

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1.7 \times A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times x \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \times \sqrt{f'_c}}{3} \right) \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{366213.2}{400 \times 634.5}\right)^2 + \left(\frac{14589300 \times 1828}{1.7 \times 186349^2}\right)^2} = 4.74$$

$$\phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times x \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \times \sqrt{f'_c}}{3} \right) \right) = 4.75$$

$$4.74 \leq 4.75 \text{ (OK)}$$

- Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

$$T_n = \frac{145989300 - 14030163.54}{0.75} = 175345515.3 \text{ n mm}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{175345515.3}{0.75 \times 2 \times 158396.65 \times 390 \times \cot 45} = 1.89$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot P_{oh} \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot (\cot 45)^2 = 3470.983 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 Pasal 11.5.5.3, bila dibutuhkan tulangan torsi seperti disyaratkan melalui pasal 11.5.5.1, maka luas tulangan total minimum tulangan torsi longitudinal, A_{lmin} harus dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} A_{l \min} &= \frac{0.42 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s} \right) \cdot P_{oh} \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \\ &= \frac{0.42 \cdot \sqrt{40} \cdot 280000}{390} - (1.89) \cdot 1828 \cdot \left(\frac{390}{390} \right) \end{aligned}$$

$$= 1563.89 \text{ mm}^2$$

A.longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian, 25% didistribusikan ke kiri, 25% kekanan, 25% ke atas dan 25% kebawah bagian balok.

$$Al \text{ torsi untuk atas dan bawah} = 0.25 \times 3470.98 = 867.75 \text{ mm}^2$$

$$Al \text{ torsi untuk kiri kanan} = 0,5 \times 3470.98 = 1735.49 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{Al}{A \text{ tulangan}} = \frac{1735.49}{3.14 \times 25^2 \times 0.25} = 3.54 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan 4 D25 ($A_s = 1962.5 \text{ mm}^2$), dipasang masing-masing 2 batang di sisi samping kiri dan kanan balok disepanjang bentang.

b. Lapangan

$$Tu = 49345800 \text{ n mm}$$

$$Vu = 175554.8 \text{ n}$$

$$Tu \leq 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot \left(\frac{28000^2}{2200} \right)$$

$$49345800 \text{ n mm} \geq 14030163.54 \text{ n mm}$$

(memerlukan tulangan torsi)

- Kontrol penampang

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1.7 \times A_o h^2} \right)^2} \leq \varphi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times x \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \times \sqrt{f'c}}{3} \right) \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{175554.8}{400 \times 634.5} \right)^2 + \left(\frac{49345800 \times 1828}{1.7 \times 186349^2} \right)^2} = 1.68$$

$$\varphi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times x \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \times \sqrt{f'c}}{3} \right) \right) = 4.74$$

$$1.68 \leq 4.74 \quad (\text{OK})$$

- Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

$$Tn = \frac{49345800 - 14030163.54}{0.75} = 47087515.28 \text{ n mm}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{Tu} = \frac{47087515.28}{\emptyset \cdot 2 \cdot A_o \cdot fyt \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{47087515.28}{0.75 \times 2 \times 158396.65 \times 390 \times \cot 45} = 0.51$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot P_{oh} \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot (\cot 45)^2 = 928.92 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 Pasal 11.5.5.3, bila dibutuhkan tulangan torsi seperti disyaratkan melalui pasal 11.5.5.1, maka luas tulangan total minimum tulangan torsi longitudinal, $A_{l_{min}}$ harus dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} A_{l \min} &= \frac{0.42 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s} \right) \cdot P_{oh} \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \\ &= \frac{0.42 \cdot \sqrt{40} \cdot 280000}{390} - (0.51) \cdot 1828 \cdot \left(\frac{390}{390} \right) \\ &= 978.17 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

A.longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian, 25% didistribusikan ke kiri, 25% kekanan, 25% ke atas dan 25% kebawah bagian balok.

$$A_{l \text{ torsi untuk kiri kanan}} = 0,5 \times 978.17 = 489.09 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{A_l}{A_{tulangan}} = \frac{489.09}{3.14 \times 25^2 \times 0.25} = 0.996 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan 4 D22 ($A_s = 1962.5 \text{ mm}^2$), dipasang masing-masing 2 batang di sisi samping kiri dan kanan balok disepanjang bentang.

4.6.4.3. Perhitungan Penulangan Lentur

Dari hasil permodelan *Etabs* didapatkan momen envelope dari beberapa kombinasi pada balok yang ditinjau seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.74.

Tabel 4. 74 Gaya Yang Terjadi Pada Balok Tepi

lokasi B. tepi	Mu	
Tumpuan kanan	473.3634	Kn-m
	-658.8536	Kn-m
Lapangan	264.3983	Kn-m
	-247.36912	Kn-m
Tumpuan kiri	431.0271	Kn-m
	-658.8536	Kn-m

4.6.4.3.1. Penulangan Tumpuan Negatif

$$Mu = 658.85 \text{ kn-m}$$

$$\text{Diasumsikan } \phi = 0.9$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{685850000}{400 \cdot 634.5^2} = 4.55$$

$$M = \frac{f_y}{0.85 \times f'c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11.47} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 4.55}{390}} \right) = 0.0126$$

$$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$$

$$0.025 > 0.0126 > 0.0041$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0126$$

Tulangan Tumpuan Atas :

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0126 \times 400 \times 634.5 = 3188 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= A_s + 25\% A_l \\ &= 3188 + 867.74 \\ &= 4055.77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan (n)

$$N = \frac{A_s}{A_{\text{tulangan}}} = \frac{4055.77}{3.14 \times 25^2 \times 0.25} = 8.27 \text{ buah} \approx 9 \text{ buah}$$

Jadi dipasang 9 d25 (as pasang 4415.63 mm²)

Tulangan Tumpuan bawah:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= 0.5 \text{ As perlu} \\ &= 0.5 \times 4055.77 \\ &= 2027.89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan

$$N = \frac{as}{A \text{ tulangan}} = \frac{2027.89}{3.14 \times 25^2 \times 0.25} = 4.13 \approx 5 \text{ buah}$$

Jadi dipasang 5 d25(as. Pasang = 2453.13 mm²)

- Kontrol jarak antar saluran

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut :

- Tumpuan atas

$$\begin{aligned} S &= \frac{bw-2.\text{decking}-2.\emptyset\text{sengkang}-n.\emptyset\text{tul utama}}{n-1} \\ &= \frac{400-2 \times 40-2 \times 13-2 \times 25}{9-1} \\ &= 8.625 \text{ mm} < 25 \text{ mm (disusun 2 lapis)} \end{aligned}$$

- Tumpuan bawah

$$\begin{aligned} S &= \frac{bw-2.\text{decking}-2.\emptyset\text{sengkang}-n.\emptyset\text{tul utama}}{n-1} \\ &= \frac{400-2 \times 40-2 \times 13-2 \times 25}{5-1} \\ &= 42.25 \text{ mm} > 25 \text{ mm (disusun 1 lapis)} \end{aligned}$$

4.6.4.3.2. Penulangan Tumpuan Positif

$$M_u = 473.36 \text{ kn-m}$$

Diasumsikan $\emptyset = 0.9$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} = \frac{473360000}{400 \cdot 634.5^2} = 3.27$$

$$M = \frac{f_y}{0.85 \times f'c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11.47} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 3.27}{390}} \right) = 0.0088$$

$$\rho \text{ max} > \rho \text{ perlu} > \rho \text{ min}$$

$$0.025 > 0.0088 > 0.0041$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0087$$

Tulangan Tumpuan Bawah :

$$As = \rho \times b \times d = 0.0088 \times 400 \times 634.5 = 2238.7 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= As + 25\% A1 \\ &= 2238.7 + 867.75 \\ &= 3106.78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan (n)

$$N = \frac{As}{A \text{ tulangan}} = \frac{3106.78}{3.14 \times 25^2 \times 0.25} = 6.33 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}$$

Jadi dipasang 7 d25 (as = 3434.38 mm²)

Tulangan Tumpuan atas:

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= 0.5 As \text{ perlu} \\ &= 0.5 \times 3106.78 \\ &= 1553.24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan

$$N = \frac{as}{A \text{ tulangan}} = \frac{1553.24}{3.14 \times 25^2 \times 0.25} = 3.16 \approx 4 \text{ buah}$$

Jadi dipasang 4 d25 (as. Pasang = 1962.5 mm²)

- Kontrol jarak antar saluran

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut :

- Tumpuan Bawah

$$\begin{aligned} S &= \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset \text{sengkang} - n \cdot \emptyset \text{tul utama}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{7-1} \\ &= 19.83 < 25 \text{ mm (disusun 2 lapis)} \end{aligned}$$

- Tumpuan atas

$$\begin{aligned} S &= \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset \text{sengkang} - n \cdot \emptyset \text{tul utama}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{4-1} \\ &= 64.67 \text{ mm} > 25 \text{ mm (disusun 1 lapis)} \end{aligned}$$

- Kontrol Kondisi Penampang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{4415.63 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} = 50.65 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - (0.05 \times \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right)) = 0.764$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{50.65}{0.764} = 66.27 \text{ mm}$$

Syarat regangan Tarik:

$$0.375 d_t \geq C$$

$$239.06 \geq 66.28 \text{ (Terkendali Tarik)}$$

- Kontrol Momen Rencana

- Tulangan negatif tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan d-25

$$M_u^{(-)} = 658853600 \text{ n-mm}$$

Pakai jumlah tulangan Tarik $n = 9$ buah
($A_s = 4415.63 \text{ mm}^2$)

Pakai Jumlah tulangan Tekan $n = 7$ Buah ($A_s' = 3434 \text{ mm}^2$)

$$d = 700 - 40 - 13 - (0.5 \times 25) = 634.5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 13 + (0.5 \times 25) = 65.5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

- Analisa tulangan rangkap

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{4415.63}{400 \times 637.5} = 0.0173$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{b_w \times d} = \frac{3434}{400 \times 637.5} = 0.0134$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1 \times d'}{f_y \times d} \times \frac{600}{600 - f_y} + \rho'$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times 40 \times 0.764 \times 65.5}{390 \times 634.5} \times \frac{600}{600 - 390} + 0.0134$$

$$\rho_{cy} = 0.033$$

$\rho = 0.0173 \leq \rho_{cy} = 0.033$ (Maka tulangan tekan belum leleh)

$$A_s f_y = 0.85 f'_c a b + A_s' (f'_s - 0.85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A_s' (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 \times b \times f'_c} = \beta_1 c$$

$$a = \frac{4415.63 \times 390 - 3434 \left(600 \left(\frac{c-65.5}{c}\right) - 0.85 \times 40\right)}{0.85 \times 400 \times 40} = 0.764 c$$

$$a = \frac{4415.63 \times 390 - 3434 \left(600 \left(\frac{c-65.5}{c}\right) - 0.85 \times 40\right)}{0.85 \times 400 \times 40} - 0.764 c = 0$$

Maka didapat nilai $c = 103.78 \text{ mm}$

$$f's = 600 \frac{c-d'}{d}$$

$$f's = 600 \frac{103.78 - 65.5}{634.5} = 221.31 \text{ Mpa} < 390 \text{ mpa (ok)}$$

$$a = \beta_1 c$$

$$a = 0.764 \times 103.78$$

$$= 79.32 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85 f'c a b \left(d - \frac{a}{2}\right) + A's \times (f's - 0.85 f'c) \times (d - d')$$

$$M_n = 0.85 \times 40 \times 79.32 \times 400 \left(634.5 - \frac{77.31}{2}\right) + 3434 \times (221.31 - 0.85 \times 40) \times (634.5 - 65.5)$$

$$M_n = 1007708535 \text{ n-mm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 1007708535$$

$$= 906937681.4 \text{ n-mm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$906937681.4 \text{ n-mm} > 658853600 \text{ n-mm (OK)}$$

Maka tulangan yang direncanakan kuar menahan beban ultimate dari balok.

- Tulangan positif tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan d-25

$$M_u^{(+)} = 473363400 \text{ n-mm}$$

Pakai jumlah tulangan Tarik $n = 9$ buah
($A_s' = 4415.6 \text{ mm}^2$)

Pakai Jumlah tulangan Tekan $n = 7$ Buah ($A_s = 3434 \text{ mm}^2$)

$$d = 700 - 40 - 13 - (0.5 \times 25) = 634.5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 13 + (0.5 \times 25) = 65.5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

- Analisa tulangan rangkap

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{A_s}{b w \times d} = \frac{3434}{400 \times 637.5} = 0.0134 \\ \rho' &= \frac{A_s'}{b w \times d} = \frac{4415.63}{400 \times 637.5} = 0.0173 \\ \rho_{cy} &= \frac{0.85 \times f'c \times \beta_1 \times d'}{f_y \times d} \times \frac{600}{600 - f_y} + \rho' \\ \rho_{cy} &= \frac{0.85 \times 40 \times 0.764 \times 65.5}{390 \times 634.5} \times \frac{600}{600 - 390} + 0.0173 \\ \rho_{cy} &= 0.0371 \\ \rho &= 0.0134 \leq \rho_{cy} = 0.0371 \text{ (Maka tulangan tekan belum leleh)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s f_y &= 0.85 f'c a b + A's (f's - 0.85 f'c) \\ a &= \frac{A_s \times f_y - A's (f's - 0.85 f'c)}{0.85 \times b \times f'c} = \beta_1 c \\ a &= \frac{4415.63 \times 390 - 3434 (600 (\frac{c-65.5}{c}) - 0.85 \times 40)}{0.85 \times 400 \times 40} = 0.764 c \\ a &= \frac{4415.63 \times 390 - 2453 (600 (\frac{c-65.5}{c}) - 0.85 \times 40)}{0.85 \times 400 \times 40} - \\ 0.764 c &= 0 \\ \text{Maka didapat nilai } c &= 84.945 \text{ mm} \\ f's &= 600 \frac{c-d'}{d} \\ f's &= 600 \frac{84.945-65.5}{634.5} = 137.35 \text{ Mpa} < 390 \text{ mpa (ok)} \\ a &= \beta_1 c \\ a &= 0.764 \times 84.945 \\ &= 64.92 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= 0.85 f'c a b \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's \times (f's - 0.85 f'c) \times (d - d') \\ M_n &= 0.85 \times 40 \times 84.95 \times 400 \left(634.5 - \frac{64.92}{2} \right) + \\ &4415.6 \times (137.35 - 0.85 \times 40) \times (634.5 - 65.5) \\ M_n &= 791225885.8 \text{ n-mm} \\ \phi M_n &= 0.9 \times 791225885.8 \\ &= 712103297.2 \text{ n-mm}\end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$712103297.2 \text{ n-mm} > 473363400 \text{ n-mm (OK)}$$

Maka tulangan yang direncanakan kuat menahan beban ultimate dari balok.

4.6.4.3.3 Penulangan Lapangan Negatif

$$M_u = 247.37 \text{ kn-m}$$

$$\text{Diasumsikan } \phi = 0.9$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{247370000}{400 \cdot 634.5^2} = 1.71$$

$$M = \frac{f_y}{0.85 \times f'_{c}} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11.47} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1.71}{390}} \right) = 0.0045$$

$$\rho \text{ max} > \rho \text{ perlu} > \rho \text{ min}$$

$$0.025 > 0.0045 > 0.0041$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0045$$

Tulangan Tumpuan Bawah :

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0045 \times 400 \times 634.5 = 1140 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + 25\% A_l \\ &= 1140.09 + 361.68 \\ &= 1501.78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan (n)

$$N = \frac{A_s}{A \text{ tulangan}} = \frac{1501.78}{3.14 \times 25^2 \times 0.25} = 3.06 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Jadi dipasang 4 d25 (as pasang 1962.5 mm²)

Tulangan Tumpuan Atas :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= 0.5 A_s \text{ perlu} \\ &= 0.5 \times 1501.78 \\ &= 750.89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan

$$N = \frac{as}{A \text{ tulangan}} = \frac{750.89}{3.14 \times 25^2 \times 0.25} = 1.53 \approx 2 \text{ buah}$$

Jadi dipasang 2 d25(as. Pasang = 981.25 mm²)

- Kontrol jarak antar saluran

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut :

- Tumpuan Bawah

$$\begin{aligned} S &= \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset \text{senggang} - n \cdot \emptyset \text{tul utama}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{4-1} \\ &= 66.67 \text{ mm} > 25 \text{ mm (disusun 1 lapis)} \end{aligned}$$

- Tumpuan Atas

$$\begin{aligned} S &= \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset \text{senggang} - n \cdot \emptyset \text{tul utama}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{2-1} \\ &= 244 \text{ mm} > 25 \text{ mm (disusun 1 lapis)} \end{aligned}$$

4.6.4.3.4 Penulangan Lapangan Positif

$$M_u = 264.39 \text{ kn-m}$$

Diasumsikan $\emptyset = 0.9$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} = \frac{264390000}{400 \cdot 634.5^2} = 1.82$$

$$M = \frac{f_y}{0.85 \times f'c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{11.47} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1.82}{390}} \right) = 0.0048$$

$$\rho \text{ max} > \rho \text{ perlu} > \rho \text{ min}$$

$$0.025 > 0.0048 > 0.0041$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0048$$

Tulangan Tumpuan Atas :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d = 0.0048 \times 400 \times 634.5 = 1220.9 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ perlu} &= A_s + 25\% A_l \\
 &= 1220.9 + 361.68 \\
 &= 1582.55 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan (n)

$$N = \frac{A_s}{A_{\text{tulangan}}} = \frac{1582.55}{3.14 \times 25^2 \times 0.25} = 3.22 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Jadi dipasang 4 d25 (as = 1962.5 mm²)

Tulangan Tumpuan Bawah :

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= 0.5 A_s \text{ perlu} \\
 &= 0.5 \times 1582.55 \\
 &= 791.28 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan

$$N = \frac{as}{A_{\text{tulangan}}} = \frac{791.28}{3.14 \times 22^2 \times 0.25} = 1.6 \approx 2 \text{ buah}$$

Jadi dipasang 2 d25 (as. Pasang = 981.25 mm²)

- Kontrol jarak antar saluran

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut :

- Tumpuan atas

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset \text{sengkang} - n \cdot \emptyset \text{tul utama}}{n-1} \\
 &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{4-1} \\
 &= 64.67 \text{ mm} < 25 \text{ mm (disusun 1 lapis)}
 \end{aligned}$$

- Tumpuan bawah

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset \text{sengkang} - n \cdot \emptyset \text{tul utama}}{n-1} \\
 &= \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 25}{2-1} \\
 &= 244 \text{ mm} > 25 \text{ mm (disusun 1 lapis)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Kondisi Penampang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{1962.5 \times 390}{0.85 \times 40 \times 1000} = 22.51 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - (0.05 \times \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right)) = 0.764$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{22.51}{0.764} = 29.45 \text{ mm}$$

Syarat regangan Tarik:

$$0.375 d_t \geq C$$

$$239.06 \geq 29.45 \text{ (Terkendali Tarik)}$$

- Kontrol Momen Rencana
- Tulangan negatif lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan d-25

$$M_u^{(-)} = 247369120 \text{ N-mm}$$

Pakai jumlah tulangan Tarik n = 4 buah ($A_s = 1962.5 \text{ mm}^2$)

Pakai Jumlah tulangan Tekan n=4 Buah ($A_s' = 1962.5 \text{ mm}^2$)

$$d = 700 - 40 - 13 - (0.5 \times 25) = 634.5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 13 + (0.5 \times 25) = 65.5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

- Analisa tulangan rangkap

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{1962.5}{400 \times 637.5} = 0.0077$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{b_w \times d} = \frac{1962.5}{400 \times 637.5} = 0.0077$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1 \times d'}{f_y \times d} \times \frac{600}{600 - f_y} + \rho'$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times 40 \times 0.764 \times 65.5}{390 \times 634.5} \times \frac{600}{600 - 390} + 0.0077$$

$$\rho_{cy} = 0.0274$$

$\rho = 0.0077 \leq \rho_{cy} = 0.0274$ (Maka tulangan tekan belum leleh)

$$A_s f_y = 0.85 f'_c a b + A_s' (f'_s - 0.85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 \times b \times f'_c} = \beta_1 c$$

$$a = \frac{1962.5 \times 390 - 1962.5 \left(600 \left(\frac{c - 65.5}{c} \right) - 0.85 \times 40 \right)}{0.85 \times 400 \times 40}$$

$$= 0.764 c$$

$$a = \frac{1962.5 \times 390 - 1962.5 \left(600 \left(\frac{c - 65.5}{c} \right) - 0.85 \times 40 \right)}{0.85 \times 400 \times 40 - 0.764 c} = 0$$

Maka didapat nilai $c = 71.11 \text{ mm}$

$$f'_s = 600 \frac{c - d'}{d}$$

$$f'_s = 600 \frac{71.11 - 65.5}{634.5} = 47.34 \text{ Mpa} < 390 \text{ mpa (ok)}$$

$$a = \beta_1 c$$

$$a = 0.764 \times 71.11$$

$$= 54.35 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85 f'_c a b \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s \times (f'_s - 0.85 f'_c) \times (d - d')$$

$$M_n = 0.85 \times 40 \times 54.35 \times 400 \left(634.5 - \frac{54.35}{2} \right) + 1962.5 \times 47.34 \times (634.5 - 65.5)$$

$$M_n = 463788207.2 \text{ n-mm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 463788207.2$$

$$= 417409386.5 \text{ n-mm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$417409386.5 \text{ n-mm} > 247369120 \text{ n-mm (OK)}$$

Maka tulangan yang direncanakan kuat menahan beban *ultimate* dari balok.

- Tulangan positif tumpuan
Direncanakan menggunakan tulangan d-25
 $M_u^{(+)} = 473363400 \text{ n-mm}$
Pakai jumlah tulangan Tarik $n = 4$ buah ($A_s = 1962.5 \text{ mm}^2$)
Pakai Jumlah tulangan Tekan $n = 4$ Buah ($A'_s = 1962.5 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
 d &= 700 - 40 - 13 - (0.5 \times 25) = 634.5 \text{ mm} \\
 d' &= 40 + 13 + (0.5 \times 25) = 65.5 \text{ mm} \\
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764
 \end{aligned}$$

• Analisa tulangan rangkap

$$\rho = \frac{A_s}{b w \times d} = \frac{1962.5}{400 \times 637.5} = 0.0077$$

$$\rho' = \frac{A_{s'}}{b w \times d} = \frac{1962.5}{400 \times 637.5} = 0.0077$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1 \times d'}{f_y \times d} \times \frac{600}{600 - f_y} + \rho'$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times 40 \times 0.764 \times 65.5}{390 \times 634.5} \times \frac{600}{600 - 390} + 0.0077$$

$$\rho_{cy} = 0.0274$$

$$\rho = 0.0077 \leq \rho_{cy} = 0.0274 \text{ (Maka tulangan tekan belum leleh)}$$

$$A_s f_y = 0.85 f'_c a b + A_{s'} (f'_s - 0.85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s f_y - A_{s'} (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 \times b \times f'_c} = \beta_1 c$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1962.5 \times 390 - 1962.5 \left(600 \left(\frac{c - 65.5}{c} \right) - 0.85 \times 40 \right)}{0.85 \times 400 \times 40} \\
 &= 0.764 c
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1962.5 \times 390 - 1962.5 \left(600 \left(\frac{c - 65.5}{c} \right) - 0.85 \times 40 \right)}{0.85 \times 400 \times 40} \\
 &\quad - 0.764 c = 0
 \end{aligned}$$

Maka didapat nilai $c = 71.11 \text{ mm}$

$$f'_s = 600 \frac{c - d'}{d}$$

$$f'_s = 600 \frac{71.11 - 65.5}{634.5} = 47.34 \text{ Mpa} < 390 \text{ mpa (ok)}$$

$$a = \beta_1 c$$

$$a = 0.764 \times 71.11$$

$$= 54.35 \text{ mm}$$

$$Mn = 0.85 f'c a b \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's x (f's - 0.85 f'c) x (d - d')$$

$$Mn = 0.85 \cdot 40 \cdot 54.35 \cdot 400 \left(634.5 - \frac{54.35}{2} \right) + 1962.5 x 47.34 - 0.85 \cdot 40) x (634.5 - 65.5)$$

$$Mn = 463788207.2 \text{ n-mm}$$

$$\begin{aligned} \varnothing Mn &= 0.9 x 463788207.2 \\ &= 417409386.5 \text{ n-mm} \end{aligned}$$

$$\varnothing Mn > Mu$$

$$417409386.5 \text{ n-mm} > 264398300 \text{ n-mm (OK)}$$

Maka tulangan yang direncanakan kuar menahan beban *ultimate* dari balok.

Tabel 4. 75 Rekap Penulangan Balok Tepi

Lokasi b tepi	sis	momen positif	Momen Negatif	n pakai
Tumpuan kanan	atas	4	9	9 disusun 2 lapis
	bawah	7	5	7 disusun 2 lapis
Lapangan	atas	4	2	4 disusun 1 lapis
	bawah	2	4	4 disusun 1 lapis

4.6.4.4 Perhitungan Penulangan Geser

Nilai momen nominal maksimum dari cek momen tulangan nominal terpasang dengan asumsi tumpuan kiri dan kanan memiliki jumlah tulangan yang sama. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 persamaan yang digunakan dalam menghitung tulangan geser adalah sebagai berikut:

$$Mpr = As \times 1,25 \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{As \times 1,25 \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$

Tabel 4. 76 Penulangan Tumpuan Balok Tepi

Letak	n	As (mm2)	a (mm)	Mpr (n-mm)
Tumpuan	atas	9	4415.625	158.2806756
	Bawah	7	3434.375	123.1071921

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= 1195476754 \text{ Nmm} \\ M_{pr2} &= 959259993 \text{ Nmm} \\ L_n &= 8.1 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil permodelan *Etabs* didapatkan gaya geser dari beberapa kombinasi pada balok yang ditinjau seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.36.

Tabel 4. 77 Gaya Geser Yang Terjadi Pada Balok Tepi

Letak	Vu (N)
Tumpuan	366213.2
Lapangan	85692.2

4.6.4.4.1 Perhitungan Penulangan Geser Tumpuan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap $V_c = 0$, apabila:

$$1. \quad M_{pr} \geq 0,5 \times \text{Total geser kombinasi gempa dan gravitasi}$$

$$\frac{1195476754 + 959259993}{8100} \geq 0,5 \times 366213.2 \text{ N}$$

$$266016.88 \text{ N} > 183106.6 \text{ N (OK)}$$

$$2. \quad \text{Gaya Aksial Tekan} < 0,25 \cdot A_g \cdot f_c'$$

Gaya aksial tekan pada balok sangat kecil

Karena gaya aksial terlalu kecil maka persyaratan memenuhi:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - v_c = \frac{366213.2}{0,75} - 0 = 488284.267 \text{ N}$$

Jika dipakai begel 4 kaki dengan D10 mm ($A_v = 531.14 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{531.14 \times 390 \times 637,5}{488284.267} = 269.18 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 bahwa sengkang harus disediakan di sepanjang sendi plastis pada kedua ujung balok dengan panjang $2h = 2 \times 700 = 1400 \text{ mm}$ dengan jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

$$1. \quad d/4 = 634,5 / 4 = 158.63 \text{ mm}$$

$$2. \quad 6 \times D_{\text{tul longitudinal}} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$3. \quad 150 \text{ mm}$$

Dari persyaratan di atas maka diambil sengkang di daerah sendi plastis D13-150 mm. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 100 mm dari muka tumpuan

4.6.4.4.2 Pemasangan Senggang Di Luar Sendi Plastis

Nilai geser maksimum, V_u , di luar sendi plastis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times bw \times d = \frac{\sqrt{40} \times 400 \times 634,5}{6} \\ &= 2741694731 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat

1. Tidak butuh tulangan geser

$$V_u < 0,5 \phi V_c$$

2. Butuh tulangan geser minimum

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

3. Butuh tulangan geser

$$\phi V_c < V_u < (\phi V_c + 0,66 \sqrt{f'c} b w d)$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 2741694731$$

$$= 102813.55 \text{ N} > 85692.2 \text{ N}$$

Maka tidak dibutuhkan tulangan geser

Maka dipakai nilai s minimum sesuai berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 bahwa jarak senggang diluar sendi plastis di sepanjang balok tidak lebih dari:

$$1. \quad d/4 = 637,5 / 4 = 159.38 \text{ mm}$$

$$2. \quad 6 \times D_{\text{tul longitudinal}} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$3. \quad 150 \text{ mm}$$

Maka, dipakai senggang di luar sendi plastis D13-150 mm

4.6.4.5 Panjang Penyaluran Tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.5.1, panjang penyaluran l_{dh} untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton berat normal adalah sbb :

- $l_{dh} > 8 \cdot db = 8 \cdot 25 = 200 \text{ mm}$

- $l_{dh} > 150 \text{ mm}$

- $l_{dh} = \frac{0.24 \times f_y \times db}{\sqrt{f'c}} = 369.99 \text{ mm}$

Maka digunakan $l_{dh} = 400 \text{ mm}$ masuk kedalam kolom, dengan Panjang kait $12 \cdot db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

4.6.5 Desain Kolom

Kolom merupakan struktur vertikal yang memikul beban gravitasi dan gempa serta meneruskannya beban struktur di atasnya

ke elemen struktur di bawahnya. Dalam Desain struktur kolom pada tugas akhir ini, kolom didesain sebagai berikut :

Ketinggish Lantai :

- Lantai 1 : 3.8 m
- Lantai 2 : 5.5 m
- Lantai 3 : 4.0 m
- Lantai 4 : 4.5 m
- Lantai 5 : 4.0 m
- Lantai 6- 19 : 3.2 m
- Ruang mesin : 2.3 m
- Atap : 2.4 m

Dimensi Kolom

- Lantai 1-3 : 1000 mm x 1000 mm
- Lantai 4-6 : 1000 mm x 1000 mm
- Lantai 7-9 : 1000 mm x 1000 mm
- Lantai 10-12 : 800 mm x 800 mm
- Lantai 13-16 : 650 mm x 650 mm
- Lantai 17-19 : 650 mm x 650 mm

4.6.5.1 Desain Kolom 1000 x 1000

Data Desain

- Dimensi Kolom : 1000 mm x 1000 mm
- Tinggi Kolom : 3800 mm
- Decking : 40 mm
- Ø Tul. Utama : 29 mm
- Ø Tul. Utama : 16mm
- Mutu baja(f_y) : 390 Mpa
- Mutu beton (f'_c) : 45 Mpa (lantai 1-3)
35Mpa (Lantai 4-6)
30 Mps (Lantai 7-19)

4.6.5.2 Kontrol Dimensi Kolom

Sebelum diperiksa syarat dimensi kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 harus dipenuhi bila:

- Kolom sebagai penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial.

- Menerima beban aksial berfaktor (P_u) lebih besar dari

$$\frac{Ag \cdot f'_c}{10} = \frac{1000 \times 1000 \times 40}{10} = 4000 \text{ KN}$$

$$P_u = 9216.338 \text{ KN} > 4000 \text{ KN} \quad [\text{OK}]$$
- Ukuran penampang terpendek tidak kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.1)
 Sisi terpendek kolom = 1000 mm > 300 mm (OK)
- Ratio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.2).

$$\frac{b}{h} = \frac{1000}{1000} = 1 > 0,4 \quad [\text{OK}]$$

Tabel 4. 78 Kontrol Dimensi Kolom

Lokasi	Ketinggian kolom (m)	Dimensi Kolom		b/h	Pc (kn)	Pu (kn)	kontrol
		(mm)	(mm)				
lantai 1	3.8	1000	1000	1	4500	15303.77	OK
Lantai 2	5.5	1000	1000	1	4500	15303.77	OK
lantai 3	4	1000	1000	1	4500	15303.77	OK
lantai 4	4.5	1000	1000	1	3500	9724.48	OK
lantai 5	4	1000	1000	1	3500	9724.48	OK
lantai 6	3.2	1000	1000	1	3500	9724.48	OK
lantai 7	3.2	1000	1000	1	3000	7664.38	OK
lantai 8	3.2	1000	1000	1	3000	7664.38	OK
lantai 9	3.2	1000	1000	1	3000	7664.38	OK
lantai 10	3.2	800	800	1	1920	5542.94	OK
lantai 11	3.2	800	800	1	1920	5542.94	OK
lantai 12	3.2	800	800	1	1920	5542.94	OK
lantai 13	3.2	650	650	1	1267.5	3795.58	OK
lantai 14	3.2	650	650	1	1267.5	3795.58	OK
lantai 15	3.2	650	650	1	1267.5	3795.58	OK
lantai 16	3.2	650	650	1	1267.5	3795.58	OK
lantai 17	3.2	650	650	1	1267.5	1581.53	OK
lantai 18	3.2	650	650	1	1267.5	1581.53	OK
lantai 19	3.2	650	650	1	1267.5	1581.53	OK

4.6.5.3 Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Bedasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1 luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,06 A_g . Dengan menggunakan program bantu spColumn gaya-gaya yang bekerja pada kolom diinput masuk dalam program, sehingga didapatkan rasio tulangan 1.03% atau 16 D29.

Tabel 4. 79 Tulangan Longitudinal Lentur

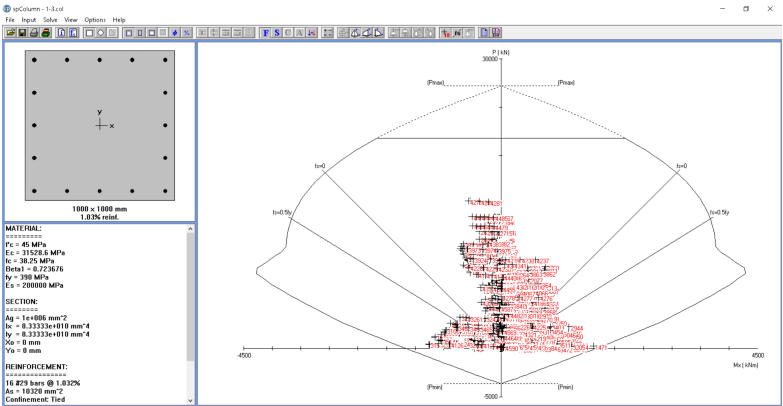
Lokasi	Dimensi Kolom (mm)		0.01 Ag (mm2)	0.06 Ag (mm2)	Tulangan pakai	Ag Tul (mm2)	kontrol
lantai 1	1000	1000	10000	60000	16 d29	10572.57	OK
Lantai 2	1000	1000	10000	60000	16 d29	10572.57	OK
lantai 3	1000	1000	10000	60000	16 d29	10572.57	OK
lantai 4	1000	1000	10000	60000	16 d29	10572.57	OK
lantai 5	1000	1000	10000	60000	16 d29	10572.57	OK
lantai 6	1000	1000	10000	60000	16 d29	10572.57	OK
lantai 7	1000	1000	10000	60000	16 d29	10572.57	OK
lantai 8	1000	1000	10000	60000	16 d29	10572.57	OK
lantai 9	1000	1000	10000	60000	16 d29	10572.57	OK
lantai 10	800	800	6400	38400	12 d29	7929.43	OK
lantai 11	800	800	6400	38400	12 d29	7929.43	OK
lantai 12	800	800	6400	38400	12 d29	7929.43	OK
lantai 13	650	650	4225	25350	8 d29	5286.29	OK
lantai 14	650	650	4225	25350	8 d29	5286.29	OK
lantai 15	650	650	4225	25350	8 d29	5286.29	OK
lantai 16	650	650	4225	25350	8 d29	5286.29	OK
lantai 17	650	650	4225	25350	8 d29	5286.29	OK
lantai 18	650	650	4225	25350	8 d29	5286.29	OK
lantai 19	650	650	4225	25350	8 d29	5286.29	OK

– Kontrol spasi tulangan

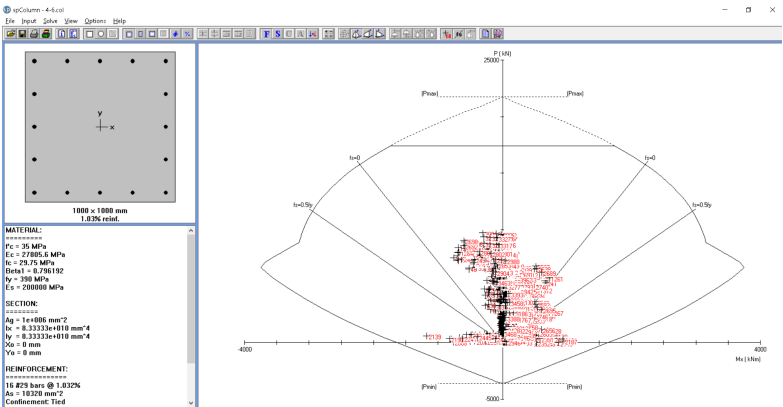
Spasi bersih minimum tulangan sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db tetapi tidak kurang dari 25 mm (SNI 2847:2013 pasal (7.6.1).

$$S = \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset \text{sengkang} - n \cdot \emptyset \text{tul utama}}{n - 1} = \frac{1000 - 2 \times 40 - 2 \times 16 - 16 \times 29}{16 - 1} = 28.27 > 25 \text{ mm [OK]}$$

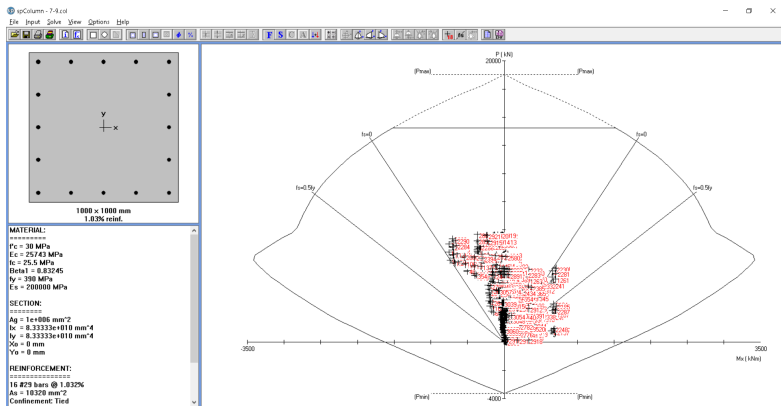
Spasi tulangan minimum harus > 25 mm, agar agregat dapat masuk ke celah-celah saat pengecoran berlangsung, spasi tulangan dihitung setelah mendesain pada spColumn, hasil dari spColumn seperti pada **Gambar 4.59**



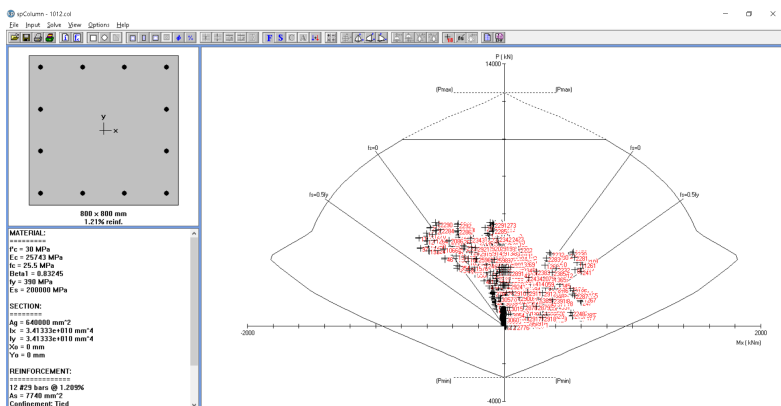
Gambar 4. 59 Gambar *Design* Penulangan Kolom Lt 1-3



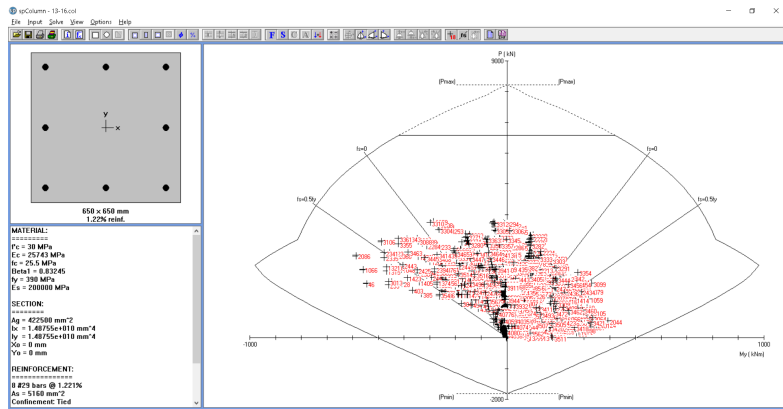
Gambar 4. 60 *Design* Penulangan Kolom Lt 4-6



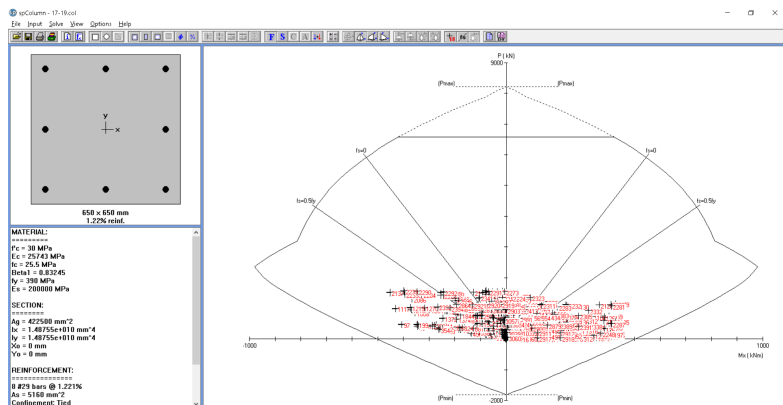
Gambar 4. 61 Design Penulangan Kolom Lt 7-9



Gambar 4. 62 Design Penulangan Kolom Lt 10-12



Gambar 4. 63 Design Penulangan Kolom Lt 13-16



Gambar 4. 64 Design Penulangan Kolom Lt 6-19

4.6.5.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom terhadap Beban Aksial Terfaktor

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2 menyatakan kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_{n \max} = 0,8\phi \left[0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \right]$$

di mana:

$$\phi = 0,65$$

$$A_g = 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = (1000-2.40) \times (1000-2.40) = 846400 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n \max = 0,8\phi(0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st})$$

$$\phi P_n \max = 0,8\phi(0,85 \cdot 40 \cdot (1000000 - 846400) + 390 \cdot 846400)$$

$$\phi P_n \max = 174365568 \text{ N} > P_u = 15303772.4 \text{ N (OK)}$$

Tabel 4. 80 Kontrol Beban Aksial Yang Mampu Diterima

Lokasi	Ag (mm2)	Ast (mm2)	ØPn max	pu maks	Kontrol
lantai 1	1000000	846400	174705024	15303772.4	OK
Lantai 2	1000000	846400	174705024	15303772.4	OK
lantai 3	1000000	846400	174705024	15303772.4	OK
lantai 4	1000000	846400	174026112	9724477.8	OK
lantai 5	1000000	846400	174026112	9724477.8	OK
lantai 6	1000000	846400	174026112	9724477.8	OK
lantai 7	1000000	846400	173686656	7664379.5	OK
lantai 8	1000000	846400	173686656	7664379.5	OK
lantai 9	1000000	846400	173686656	7664379.5	OK
lantai 10	640000	518400	106743936	5542939.7	OK
lantai 11	640000	518400	106743936	5542939.7	OK
lantai 12	640000	518400	106743936	5542939.7	OK
lantai 13	422500	324900	67183896	3795582.3	OK
lantai 14	422500	324900	67183896	3795582.3	OK
lantai 15	422500	324900	67183896	3795582.3	OK
lantai 16	422500	324900	67183896	3795582.3	OK
lantai 17	422500	324900	67183896	1581525.4	OK
lantai 18	422500	324900	67183896	1581525.4	OK
lantai 19	422500	324900	67183896	1581525.4	OK

4.6.5.5 Tulangan Transversal untuk Pengekangan

- a. Menentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (hoop). Tulangan hoop dibutuhkan sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom dengan l_o merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1):.
 - Tinggi komponen struktur di joint, $h = h \text{ pelat} + h \text{ balok}$
 $H = 1000 \text{ mm}$

- Seperenam bentang bersih komponen struktur

$$\frac{l_n}{6} = \frac{2800}{6} = 466.67 \text{ mm}$$

- $\geq 450 \text{ mm}$

Sehingga dipasang tulangan pengekuat pada tumpuan sepanjang **1000 mm**.

Tabel 4. 81 Jarak Tulangan Transversal Interior

Lokasi	Tinggi komponen struktur di joint	ln (mm)	Ln/6 (mm)	> 450 (mm)	lo pakai (mm)
Interior					
lantai 1	300	2800	466.67	450	500.00
lantai 2	300	4500	750.00	450	750.00
lantai 3	300	3000	500.00	450	500.00
lantai 4	300	3500	583.33	450	600.00
lantai 5	300	3000	500.00	450	500.00
lantai 6	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 7	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 8	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 9	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 10	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 11	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 12	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 13	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 14	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 15	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 16	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 17	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 18	300	2200	366.67	450	450.00
lantai 19	300	2200	366.67	450	450.00

Tabel 4. 82 Jarak Penulangan Transversal Eksterior

Lokasi	Tinggi komponen struktur di joint (mm)	ln (mm)	Ln/6 (mm)	> 450 (mm)	lo pakai (mm)
Eksterior					
lantai 1	1000	2800	466.666667	450	1000
lantai 2	1000	4500	750	450	1000
lantai 3	1000	3000	500	450	1000
lantai 4	1000	3500	583.333333	450	1000
lantai 5	1000	3000	500	450	1000
lantai 6	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 7	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 8	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 9	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 10	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 11	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 12	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 13	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 14	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 15	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 16	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 17	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 18	1000	2200	366.666667	450	1000
lantai 19	1000	2200	366.666667	450	1000

- b. Menentukan spasi maksimum hoop, s_{max} pada daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom. Nilai s_{max} merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3) :

- $\frac{1}{4} \times$ dimensi komponen struktur minimum
 $\frac{1}{4} \times 1000 = 250 \text{ mm}$
- $6 \times$ diameter tulangan longitudinal terkecil
 $6 \times 29 = 174 \text{ mm}$
- So, dengan s_o tidak melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.
Maka digunakan nilai spasi yakni 150 mm.

Tabel 4. 83 Jarak Tulangan Longitudinal Kolom Eksterior

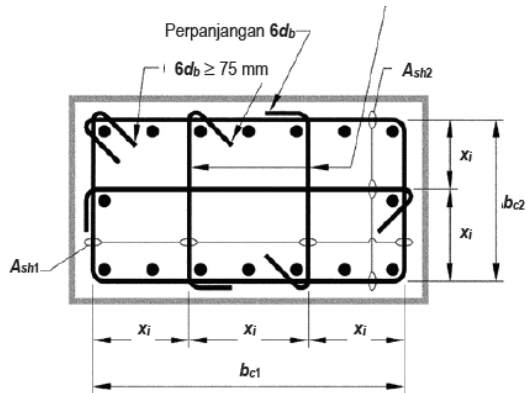
Lokasi Eksterior	Smaks1	6 Ø _{tul} longitudinal	150<so<100	s pakai
lantai 1	250	174	150<so<100	100
lantai 2	250	174	150<so<100	100
lantai 3	250	174	150<so<100	100
lantai 4	250	174	150<so<100	100
lantai 5	250	174	150<so<100	100
lantai 6	250	174	150<so<100	100
lantai 7	250	174	150<so<100	100
lantai 8	250	174	150<so<100	100
lantai 9	250	174	150<so<100	100
lantai 10	200	174	150<so<100	100
lantai 11	200	174	150<so<100	100
lantai 12	200	174	150<so<100	100
lantai 13	162.5	174	150<so<100	100
lantai 14	162.5	174	150<so<100	100
lantai 15	162.5	174	150<so<100	100
lantai 16	162.5	174	150<so<100	100
lantai 17	162.5	174	150<so<100	100
lantai 18	162.5	174	150<so<100	100
lantai 19	162.5	174	150<so<100	100

Tabel 4. 84 Jarak Tulangan Longitudinal Kolom Interior

Lokasi Interior	Smaks 1	6 \emptyset tul longitudinal	150 <so <100	s pakai
lantai 1	250	174	150<so<100	100
Lantai 2	250	174	150<so<100	100
lantai 3	250	174	150<so<100	100
lantai 4	250	174	150<so<100	100
lantai 5	250	174	150<so<100	100
lantai 6	250	174	150<so<100	100
lantai 7	250	174	150<so<100	100
lantai 8	250	174	150<so<100	100
lantai 9	250	174	150<so<100	100
lantai 10	200	174	150<so<100	100
lantai 11	200	174	150<so<100	100
lantai 12	200	174	150<so<100	100
lantai 13	162.5	174	150<so<100	100
lantai 14	162.5	174	150<so<100	100
lantai 15	162.5	174	150<so<100	100
lantai 16	162.5	174	150<so<100	100
lantai 17	162.5	174	150<so<100	100
lantai 18	162.5	174	150<so<100	100
lantai 19	162.5	174	150<so<100	100

c. Penentuan luas tulangan confinement

Untuk daerah sepanjang lo dari ujung-ujung kolom, total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4) :



- $A_{sh1} = 0,3 \times \left(\frac{s. bc. f_c}{f_{yt}} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$
- $A_{sh2} = 0,09 \cdot \left(\frac{s. bc. f_c}{f_{yt}} \right)$
- bc = lebar penampang inti beton (yang terkekang)
 $bc = b - 2 \left(ts + \frac{1}{2} \cdot ds \right) = 1000 - 2 \left(40 + \frac{1}{2} \cdot 16 \right)$
 $bc = 904 \text{ mm}$
- $A_{ch} = (b - 2ts) \times (h - 2ts) = (1000 - 2 \cdot 40) \times (1000 - 2 \cdot 16)$
 $A_{ch} = 846400 \text{ mm}^2$
- $A_{sh1} = 0,3 \times \left(\frac{s. bc. f_c}{f_{yt}} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) = 567.87 \text{ mm}^2$
- $A_{sh2} = 0,09 \cdot \left(\frac{s. bc. f_c}{f_{yt}} \right) = 938.77 \text{ mm}^2$

Jadi digunakan 5D16-100 dengan

$$\begin{aligned} As_{pasang} &= 5 \times 0,25 \times \pi \times (16)^2 \\ &= 1005.71 \text{ mm}^2 > 938.77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4. 85 Rekap Penulangan Longitudinal

Lokasi	Dimensi Kolom		Bc	Ach	Ash1	Ash 2	n	Ø Tulangan Sengkang	As pasang mm2	Kontrol
	mm	mm	mm	mm2	mm2	mm2				
lantai 1	1000	1000	904	846400	567.88	938.77	5	16	1005.71	OK
Lantai 2	1000	1000	904	846400	567.88	938.77	5	16	1005.71	OK
lantai 3	1000	1000	904	846400	567.88	938.77	5	16	1005.71	OK
lantai 4	1000	1000	904	846400	441.68	730.15	4	16	804.571	OK
lantai 5	1000	1000	904	846400	441.68	730.15	4	16	804.571	OK
lantai 6	1000	1000	904	846400	441.68	730.15	4	16	804.571	OK
lantai 7	1000	1000	904	846400	378.58	625.85	4	16	804.571	OK
lantai 8	1000	1000	904	846400	378.58	625.85	4	16	804.571	OK
lantai 9	1000	1000	904	846400	378.58	625.85	4	16	804.571	OK
lantai 10	800	800	704	518400	381.08	487.38	3	16	603.429	OK
lantai 11	800	800	704	518400	381.08	487.38	3	16	603.429	OK
lantai 12	800	800	704	518400	381.08	487.38	3	16	603.429	OK
lantai 13	650	650	554	324900	384.05	383.54	3	16	603.429	OK
lantai 14	650	650	554	324900	384.05	383.54	3	16	603.429	OK
lantai 15	650	650	554	324900	384.05	383.54	3	16	603.429	OK
lantai 16	650	650	554	324900	384.05	383.54	3	16	603.429	OK
lantai 17	650	650	554	324900	384.05	383.54	3	16	603.429	OK
lantai 18	650	650	554	324900	384.05	383.54	3	16	603.429	OK
lantai 19	650	650	554	324900	384.05	383.54	3	16	603.429	OK

Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi lo di masing-masing ujung kolom), diberi hoops dengan spasi minimum berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.4 :

- 6 x diameter tulangan longitudinal terkecil
6 x 29 = 174 mm
- 150 mm

Jadi digunakan hoop yakni 5 D16-100 mm

4.6.5.6 Persyaratan “Strong Column Weak Beam”

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa.

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \times \sum M_{nb}$$

Di mana $\sum M_{nc}$ adalah momen kapasitas kolom dan $\sum M_{nb}$ merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa M_{nc} harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka

selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan *strong column weak beam*. Dari *SpColumn* didapatkan nilai $\phi M_{nc} = 1701 \text{ kNm}$

$$M_{nc} = \frac{1701}{\phi} = \frac{1701}{1} = 1701 \text{ kNm}$$

$$M_{nb}(+) = 473.36 \text{ kNm}$$

$$M_{nb}(-) = 658.85 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \times \sum M_{nb}$$

$$2 \times M_{nc} \geq 1,2 \times (M_{nb}(+) + M_{nb}(-))$$

$$2 \times 1701 \geq 1,2 \times (473.36 + 658.85)$$

$$3402 \text{ kNm} \geq 1133.42 \text{ kNm (OK)}$$

4.6.5.7 Tulangan Transversal untuk Beban Geser

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai (a), tetapi tidak perlu lebih besar dari nilai (b) dan harus melebihi nilai (c).

$$a. \quad V_{e1} = \frac{M_{prc \text{ atas}} + M_{prc \text{ bawah}}}{L_u}$$

$$b. \quad V_{e2} = \frac{M_{pr(+)} + M_{pr(-)}}{l_n}$$

$$c. \quad V_u \text{ hasil analisa struktur}$$

Penghitungan gaya geser desain

$$a. \quad \text{Menghitung nilai } V_{e1}$$

$M_{prc. \text{atas}}$ dan $M_{prc. \text{bawah}}$ didapatkan dari diagram interaksi $P_n - M_{pr}$ kolom. Diagram interaksi didapat dengan menggunakan $f_s = 1,25 f_y$ dan $\phi = 1$. Besarnya M_{prc} . 1701 kN.

Maka, dapat dihitung :

$$V_{e1} = \frac{M_{nx} + M_{ny}}{L_u} = \frac{1610 \times 1701}{3.8} = 871.31 \text{ KN}$$

$$b. \quad \text{Menghitung } V_{e2}$$

Nilai M_{pr+} dan M_{pr-} merupakan nilai pada balok yaitu sebesar 473.36 kN.m dan 658.85 kN.m.

$$V_{e2} = \frac{M_{pr}(+) + M_{pr}(-)}{l_n} = \frac{473.36 + 658.85}{2.8} \\ = 404.36 \text{ KN}$$

Maka nilai

- c. V_u hasil analisa struktur ETABS

Berdasarkan output ETABS didapatkan nilai $V_u = 196.97$ KN, sedangkan didapatkan V_e maks hasil perhitungan sebesar 871.31 KN, maka nilai $V_e > V_u$.

Berdasarkan persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 yaitu nilai V_e tidak boleh lebih kecil dari nilai gaya geser terfaktor yang dibutuhkan berdasarkan analisa struktur. Sehingga Desain geser memenuhi persyaratan (OK).

Perhitungan Tulangan Geser

- a. Mengecek kontribusi beton diabaikan atau tidak

Berdasarkan SNI 2847:2013, kontribusi beton diabaikan dalam menahan gaya geser rencana bila :#

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa, V_{sway} , mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam lo.

$$50\% \cdot V_e > V_u$$

$$50\% \cdot 871.31 \text{ KN} > 196.97 \text{ KN (OK)}$$

- Gaya tekan aksial terfaktor, $P_u = 15303.772$ kN harus

$$\text{kurang dari } \frac{A_g \times f'_c}{20} = \frac{1000 \times 1000 \times 45}{20} = 2250 \text{ KN}$$

$$\frac{A_g \times f'_c}{20} < P_u = 16173.0062 \text{ KN [OK]}$$

Tabel 4. 86 Rekapitulasi Pengecekan Kontribusi Beton dalam Menahan Gaya Geser

Lokasi	Ln	mmx	Mny	Ve1	Ve2	Vu	Mengecek kontribusi beton						Kontrol
							50% Ve	vu	50%-Vu	Pu	$\frac{A_g f_c}{20}$		
lantai 1	2800	1609.61	1701	871.313	404.36	196.975	OK	435.6565789	196.975	OK	15303772.4	2250000	OK
lantai 2	4500	1609.61	1701	601.998	251.6	109.526	OK	300.9990909	109.526	OK	15303772.4	2250000	OK
lantai 3	3000	1609.61	1701	827.748	377.41	240.153	OK	413.87375	240.153	OK	15303772.4	2250000	OK
lantai 4	3500	1793.25	2637	984.562	325.49	335.473	OK	492.281111	335.473	OK	9724477.8	1750000	OK
lantai 5	3000	1793.25	2637	1107.63	377.41	328.632	OK	553.81625	328.632	OK	9724477.8	1750000	OK
lantai 6	2200	1793.25	2637	1384.54	514.64	318.078	OK	692.2703125	318.078	OK	9724477.8	1750000	OK
lantai 7	2200	1881.84	2695	1430.33	514.64	334.253	OK	715.165625	334.253	OK	7664379.5	1500000	OK
lantai 8	2200	1881.84	2695	1430.33	514.64	341.198	OK	715.165625	341.198	OK	7664379.5	1500000	OK
lantai 9	2200	1881.84	2695	1430.33	514.64	357.37	OK	715.165625	357.37	OK	7664379.5	1500000	OK
lantai 10	2200	850.33	1262	660.109	514.64	289.872	OK	330.0546875	289.872	OK	5542939.7	960000	OK
lantai 11	2200	850.33	1262	660.109	514.64	301.286	OK	330.0546875	301.286	OK	5542939.7	960000	OK
lantai 12	2200	850.33	1262	660.109	514.64	305.339	OK	330.0546875	305.339	OK	5542939.7	960000	OK
lantai 13	2200	462.92	593	330.016	514.64	222.887	OK	165.0078125	222.887	NOT OK	3795582.3	633750	OK
lantai 14	2200	462.92	593	330.016	514.64	243.438	OK	165.0078125	243.438	NOT OK	3795582.3	633750	OK
lantai 15	2200	462.92	593	330.016	514.64	232.055	OK	165.0078125	232.055	NOT OK	3795582.3	633750	OK
lantai 16	2200	462.92	593	330.016	514.64	223.261	OK	165.0078125	223.261	NOT OK	3795582.3	633750	OK
lantai 17	2200	456.72	610	333.216	514.64	214.55	OK	166.6078125	214.55	NOT OK	1581525.4	633750	OK
lantai 18	2200	456.72	610	333.216	514.64	200.917	OK	166.6078125	200.917	NOT OK	1581525.4	633750	OK
lantai 19	2200	456.72	610	333.216	514.64	267.939	OK	166.6078125	267.939	NOT OK	1581525.4	633750	OK

- b. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2 perhitungan kuat geser beton bila ikut berkontribusi menahan geser, yaitu :

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 2218710 \text{ N} = 2218.71 \text{ KN}$$

- c. Menghitung tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom. Besarnya nilai V_s dihitung berdasarkan tulangan sengkang terpasang 2 D16 -150 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 = 402.29 \text{ mm}^2$$

$$S = 150 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{S} = 972.2 \text{ KN}$$

$$\Phi(V_c + V_s) = 0,75 (2218.71 + 972.2)$$

$$= 2393.18 \text{ KN} > 871.313 \text{ KN [OK]}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 spasi minimum untuk tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_0 pada masing-masing ujung kolom) sebagai berikut:

- 6 x diameter tulangan longitudinal terkecil
6 x 29 = 174 mm
- 150 mm

Jadi sengkang diluar daerah plastis adalah 2 D16-150 mm.

Tabel 4. 87 Rekapitulasi Penulangan Transversal Diluar Sendi Plastis

Lokasi	Pu Kn	Vc Kn	n	Ø Tulangan Sengkang	s	Av	Vs	φ(vc+Vs)	
lantai 1	15303772.4	2218.71	2	16	150	402.286	972.2	2393.183607	OK
lantai 2	15303772.4	2218.71	2	16	150	402.286	972.2	2393.183607	OK
lantai 3	15303772.4	2218.71	2	16	150	402.286	972.2	2393.183607	OK
lantai 4	9724477.8	1584.17	2	16	150	402.286	972.2	1917.278169	OK
lantai 5	9724477.8	1584.17	2	16	150	402.286	972.2	1917.278169	OK
lantai 6	9724477.8	1584.17	2	16	150	402.286	972.2	1917.278169	OK
lantai 7	7664379.5	1339.3	2	16	150	402.286	972.2	1733.626279	OK
lantai 8	7664379.5	1339.3	2	16	150	402.286	972.2	1733.626279	OK
lantai 9	7664379.5	1339.3	2	16	150	402.286	972.2	1733.626279	OK
lantai 10	5542939.7	879.575	2	16	150	402.286	763	1231.942715	OK
lantai 11	5542939.7	879.575	2	16	150	402.286	763	1231.942715	OK
lantai 12	5542939.7	879.575	2	16	150	402.286	763	1231.942715	OK
lantai 13	3795582.3	575.794	2	16	150	402.286	606.1	454.5929143	OK
lantai 14	3795582.3	575.794	2	16	150	402.286	606.1	454.5929143	OK
lantai 15	3795582.3	575.794	2	16	150	402.286	606.1	454.5929143	OK
lantai 16	3795582.3	575.794	2	16	150	402.286	606.1	454.5929143	OK
lantai 17	1581525.4	444.51	2	16	150	402.286	606.1	454.5929143	OK
lantai 18	1581525.4	444.51	2	16	150	402.286	606.1	454.5929143	OK
lantai 19	1581525.4	444.51	2	16	150	402.286	606.1	454.5929143	OK

4.6.5.8 Kontrol Penulangan Torsi

Pengaruh puntir terbesar yang dapat diabaikan menurut
SNI 2847:2013 pasal 11.5.2:

$$A_g = 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(1000 + 1000) = 4000 \text{ mm}$$

$$T_u < \phi 0,33 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0,33 \cdot A_g \cdot \lambda \sqrt{f_c}}}$$

$$127683600 \text{ N} < 1129624140 \text{ N (OK)}$$

Maka tulangan torsi dapat diabaikan.

4.6.5.9 Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang

digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatanannya adalah $1,3l_d$ (SNI 2847:2013 pasal 12.15.1). Besarnya l_d ditetapkan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai $K_r = 0$ untuk penyederhanaan desain.

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}} \right) \cdot d_b \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 12.2.4})$$

Dimana:

$\psi_t = 1$ (situasi lainnya)

$\psi_e = 1$ (tulangan tanpa pelapis)

$\psi_s = 1$ (tulangan $\geq D22$)

$\lambda = 1$ (beton biasa)

$d = 22$ mm

nilai c_b merupakan nilai terkecil dari parameter dibawah ini :

$$c_1 = 40 + 16 + \frac{29}{2} = 70.5 \text{ mm}$$

$$c_2 = \frac{1000 - 2 \times (40 + 16) - (29 \times 7)}{7 - 1} = 114.17 \text{ mm}$$

$$l_d = \left(\frac{400}{1,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \frac{1,1,1}{\frac{70,5+0}{29}} \right) \cdot 29 = 668.73 \text{ mm}$$

$$1,3 l_d = 1,3 \times 668.73 \text{ mm} = 869.344 \text{ mm} \approx 900 \text{ mm}$$

Digunakan sambungan lewatan sepanjang 900 mm

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan sambungan lewatan

Tabel 4. 88 Rekapitulasi Perhitungan Sambungan Lewatan

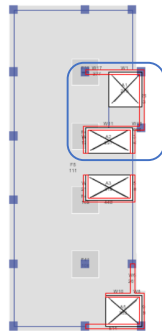
Letak Kolom	Ketinggian kolom (m)	Fy Mpa	F'c Mpa	Decking (mm)	Ø Tulang (mm)	Ø Tulang (mm)	Id (mm)	1.3 Id	Yang dipakai
lantai 1	3.8	390	45	40	29	16	630.5	819.62632	900
Lantai 2	5.5	390	45	40	29	16	630.5	819.62632	900
lantai 3	4	390	45	40	29	16	630.5	819.62632	900
lantai 4	4.5	390	35	40	29	16	714.9	929.3688903	1000
lantai 5	4	390	35	40	29	16	714.9	929.3688903	1000
lantai 6	3.2	390	35	40	29	16	714.9	929.3688903	1000
lantai 7	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100
lantai 8	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100
lantai 9	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100
lantai 10	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100
lantai 11	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100
lantai 12	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100
lantai 13	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100
lantai 14	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100
lantai 15	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100
lantai 16	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100
lantai 17	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100
lantai 18	3.2	390	30	40	29	16	772.2	1003.833132	1100

4.6.6 Desain *Shearwall*

Dinding geser (*Shearwall*) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen-momen yang terjadi akibat gaya lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekan, geser, maupun tekuk.

Struktur gedung *ibis style* hotel yang berada di kota Bekasi dengan kategori seismik E dengan konfigurasi struktur menggunakan sistem rangka gedung dimana dinding geser harus mampu memikul > 90% beban lateral.

4.6.6.1 *Shearwall* Tipe 1



Gambar 4. 65 Denah *Shearwall* Tipe 1

4.6.6.1.1 Data Desain

- Tinggi dinding (h_w) = 5500 mm
- Tebal dinding (h) = 300 mm
- Selimut beton = 40 mm
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa
- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa
- D tulangan horisontal = 16 mm
- D tulangan vertikal = 16 mm
- Lebar dinding arah X = $6350+6350=12700$ mm
- Lebar dinding arah Y = $6300+5600=11900$ mm
- $dx = 500-40-0.5 \times 16 = 452$ mm
- $hw = 67.5$ m

Gaya dalam struktur *shearwall* didapatkan dari hasil analisa program bantu ETABS, sehingga didapatkan nilai berikut :

Tabel 4. 89 Gaya Yang Bekerja Pada *Shearwall* Tipe 1

Kombinasi	P	Vu	T	M
	kN	kN	kN-m	kN-m
Arah X	42673.41	5439.82	19148.23	620394.2
Arah Y	42673.41	6742.118	19148.23	2669392

4.6.6.1.2 Arah X

A. Kontrol Kapasitas Beban Aksial Dinding Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.5.2 kapasitas beban aksial *shearwall* tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur, sehingga :

$$P_u < \phi \times P_n$$

$$\phi \times P_n = 0,55 \times \phi \times f_c \times A_g \times \left(1 - \left(\frac{k \cdot l_c}{32 \times h} \right)^2 \right)$$

Dimana: nilai $k = 0,8$ (untuk dinding yang ditahan pada bagian puncak dan dasarnya terhadap translasi lateral dan dikekang terhadap rotasi pada kedua ujungnya, maka diperoleh :

$$\phi \times P_n = 0,55 \times 0,75 \times 40 \times 3810000 \times \left(1 - \left(\frac{0,8 \times 5500}{32 \times 300} \right)^2 \right)$$

$$= 49658984,4 \text{ N} = 49658,984 \text{ KN}$$

$$P_u \text{ max} = 42673,41 \text{ KN} < 49658,98 \text{ KN (OK)}$$

B. Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4 untuk semua segmen *shearwall* nilai V_n tidak boleh lebih besar dari $0,83 \times A_{cv} \times \sqrt{f_c}$.

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}; \phi = 0,75$$

$$V_n = \frac{4802,903}{0,75} = 6403,87 \text{ KN}$$

$$A_{cv} = h \times l_{wy} = 3810000 \text{ mm}^2$$

$$0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c} = 0,83 \times 3810000 \times \sqrt{40}$$

$$= 20000140 \text{ N} = 20000,14 \text{ KN}$$

$$V_n < 0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c}$$

$$6403,87 \text{ KN} < 20000,14 \text{ KN (OK)}$$

C. Perhitungan Jumlah Lapis Tulangan yang Dibutuhkan

- Bila V_u melebihi $0,17 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c}$ harus digunakan dua tirai tulangan berdasarkan syarat pada SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.2.2.

$$V_u \geq 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c}$$

$$Vu \geq 0,17.3810000.\sqrt{40} = 4096.414 \text{ KN}$$

$$6403.87 > 4096.414 \text{ KN (2Tirai Tulangan)}$$

- b. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.

$$300 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ lapis tulangan}$$

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013, penulangan pada dinding geser menggunakan dua lapis tulangan.

D. Perhitungan Kuat Geser yang Disumbangkan Beton

Menentukan kuat geser beton (V_c) sesuai SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.6, dimana V_c diambil yang lebih kecil diantara persamaan berikut :

$$V_c = 0,27 \lambda \sqrt{f_c} x h x d + \frac{P_u x d}{a x l_w} \quad (1)$$

$$V_c = \left(0,05 \lambda \sqrt{f_c} + \frac{l_w \left(0,1 \lambda \sqrt{f_c} + 0,2 \frac{P_u}{l_w x h} \right)}{\frac{M_{ux}}{V_{ux}} \cdot \frac{l_w}{2}} \right) x h x d \quad (2)$$

$$d = 0,8 x l_w = 10160 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,27 x 1 x \sqrt{40} x 300 x 10160 + \frac{42673.41 x 10^3 x 10160}{4 x 12700}$$

$$= 13739538.8 \text{ N} = 13739.538 \text{ KN}$$

$$V_{c2} = \left(0,05 \lambda \sqrt{f_c} + \frac{l_w \left(0,1 \lambda \sqrt{f_c} + 0,2 \frac{P_u}{l_w x h} \right)}{\frac{M_{ux}}{V_{ux}} \cdot \frac{l_w}{2}} \right) x h x d$$

$$= 765745.645 \text{ N} = 765.75 \text{ KN}$$

Maka digunakan nilai $V_c = 765.75 \text{ KN}$.

E. Penulangan Geser Vertikal dan Horizontal

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila:

$$Vu < \Phi V_n$$

Nilai V_n yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847 – 2013) pasal 21.9.4.1)

$$V_n = A_{cv} (\alpha \lambda \sqrt{f_c} + \rho_n \cdot f_y)$$

- $\frac{hw}{lw} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{panjang dinding}} = 5.31 \geq 1,5$
 Karena $hw/lw \geq 1,5$, sehingga $\alpha c = 0,17$
- Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2d16, $A_{vt} = 402.29 \text{ mm}^2$
 $S = 100 \text{ mm}$
 $\rho_n = \frac{A_{vt}}{s \times dx} = \frac{402.29}{100 \times 252} = 0.01596$
- $V_n = 3810000 (0,17 \times 1 \sqrt{40} + 0,01596 \times 390)$
 $= 27816900 \text{ N} = 27816.9 \text{ KN}$
- $V_u < \phi V_n$
 $6403.87 \text{ KN} < 0,75 \times 27816.9 = 20862.68 \text{ KN [OK]}$

Rasio tulangan Horizontal dan vertikal minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan, baik horizontal maupun vertical tidak melebihi 450 mm (SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.2.1).

$$\rho_n > 0.0025$$

$$0.01596 > 0.0025 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.9.3 spasi tulangan horizontal tidak boleh melebihi dari poin berikut :

- $\frac{lw}{s} = \frac{12700}{5} = 2540 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm
- S yang dipakai = 100 mm (OK)

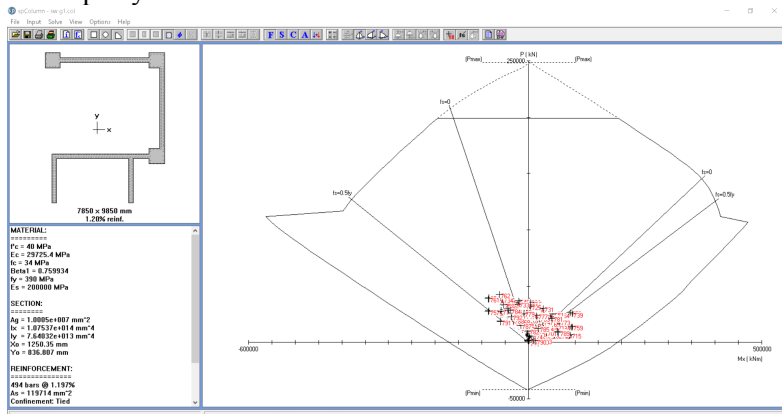
Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.9.3 spasi tulangan horizontal tidak boleh melebihi dari poin berikut :

- $\frac{lw}{3} = \frac{12700}{3} = 4233.33 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm
- S yang dipakai = 100 mm (OK)

a) Kontrol tulangan penahan kombinasi aksial dan lentur

Pada boundary element *shearwall* dipasang tulangan D16. Untuk tulangan longitudinalnya menggunakan hasil perhitungan sebelumnya. Pengecekan

dilakukan melalui diagram interaksi P-M hasil program SpColoumn. Dari gambar diketahui bahwa persyaratan tulangan *shearwall* yang dirancang masih memenuhi persyaratan.



Gambar 4. 66 Evaluasi Sp Column Tipe 1 Arah X

F. Kontrol dan Desain Element Pembatas

1. Cek apakah dibutuhkan elemen pembatas khusus

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.2, penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan (*Displacement Method*) dimana element pembatas diperlukan apabila :

$$c \geq \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} \text{ dan } \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right) \text{ tidak boleh diambil kurang dari } 0,007.$$

Nilai δ_u adalah nilai displacement pada lantai tertinggi pada masing-masing arah. Dari hasil analisa dengan menggunakan ETABS didapatkan nilai δ_u yaitu sebesar 130.27 mm, sehingga :

$$\left(\frac{\delta_u}{h_w} \right) = \frac{130.27}{67500} = 0.00193 < 0,007, \text{ maka digunakan } 0,007$$

$$\frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} = \frac{12700}{600(0,007)} = 3023.81 \text{ mm}$$

Dari output SpColumn didapatkan nilai c sebesar 3673 mm
 $3675\text{mm} > 3023.81\text{ mm}$ (**Butuh Komponen Batas**)

2. Menentukan Panjang Elemen Pembatas

Dari perhitungan kontrol diatas, panel tersebut harus diberi boundary element. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, boundary element harus dipasang horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari $(c - 0,1 \cdot lw)$ dan $\frac{c}{2}$.

$$- (c - 0,1 \cdot lw) = 3673 - (0,1 \times 12700) = 2405\text{ mm}$$

$$- \frac{c}{2} = \frac{3673}{2} = 1837.5\text{mm}$$

Digunakan jarak element pembatas $> 2403\text{ mm} = 2500\text{ mm}$

4.6.6.1.3 Arah Y

A. Kontrol Kapasitas Beban Aksial Dinding Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.5.2 kapasitas beban aksial *shearwall* tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur, sehigga :

$$P_u < \phi \times P_n$$

$$\phi \times P_n = 0,55 \times \phi \times f'_c \times A_g \times \left(1 - \left(\frac{k \cdot l_c}{32 \cdot x_h} \right)^2 \right)$$

Dimana: nilai $k = 0,8$ (untuk dinding yang ditahan pada bagian puncak dan dasarnya terhadap translasi lateral dan dikekang terhadap rotasi pada kedua ujungnya, maka diperoleh :

$$\phi \times P_n = 0,55 \times 0,75 \times 40 \times 3570000 \times \left(1 - \left(\frac{0,8 \times 5500}{32 \times 300} \right)^2 \right)$$

$$= 46530859.4\text{ N} = 46530.86\text{ KN}$$

$$P_u \text{ max} = 42673.41\text{ KN} < 46530.86\text{ KN (OK)}$$

B. Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4 untuk semua segmen *shearwall* nilai V_n tidak boleh lebih besar dari $0,83 \times A_{cv} \times \sqrt{f'_c}$.

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}; \phi = 0,75$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= \frac{4802.903}{0,75} = 6403.87 \text{ KN} \\
 A_{cv} &= h \times l_{wy} = 3570000 \text{ mm}^2 \\
 0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c} &= 0,83 \times 3570000 \times \sqrt{40} \\
 &= 18740290 \text{ N} = 18740.29 \text{ KN} \\
 V_n &< 0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c} \\
 6403.87 \text{ KN} &< 18740.29 \text{ KN} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Jumlah Lapis Tulangan yang Dibutuhkan

- a. Bila V_u melebihi $0,17 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c}$ harus digunakan dua tirai tulangan berdasarkan syarat pada SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.2.2.

$$\begin{aligned}
 V_u &\geq 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c} \\
 &\geq 0,17 \cdot 3570000 \cdot \sqrt{40} = 3838.373 \text{ KN} \\
 6403.87 \text{ KN} &> 3838.373 \text{ KN} \quad (\text{2 Tirai Tulangan})
 \end{aligned}$$

- b. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.

$$300 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ lapis tulangan}$$

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013, penulangan pada dinding geser menggunakan dua lapis tulangan.

D. Perhitungan Kuat Geser yang Disumbangkan Beton

Menentukan kuat geser beton (V_c) sesuai SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.6, dimana V_c diambil yang lebih kecil diantara persamaan berikut :

$$V_c = 0,27 \lambda \sqrt{f_{cx}} h \times d + \frac{P_u \times d}{a \times l_w} \quad (1)$$

$$V_c = \left(0,05 \lambda \sqrt{f_c} + \frac{l_w \left(0,1 \lambda \sqrt{f_c} + 0,2 \frac{P_u}{l_w \times h} \right)}{\frac{M_{ux}}{V_{ux}} \cdot \frac{l_w}{2}} \right) \times h \times d \quad (2)$$

$$d = 0,8 \times l_w = 9520 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,27 \times 1 \times \sqrt{40} \times 300 \times 9520 + \frac{42673.41 \times 10^3 \times 9520}{4 \times 11900} \\
 &= 13411673.8 \text{ N} = 13411.67 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$V_{c2} = \left(0,05\lambda\sqrt{f_c} + \frac{l_w \left(0,1\lambda\sqrt{f_c} + 0,2\frac{p_u}{l_w \times h} \right)}{\frac{M_{ux} l_w}{V_{ux} \times 2}} \right) \times h \times d$$

$$= 719953.78 \text{ N} = 719.95 \text{ KN}$$

Maka digunakan nilai $V_c = 719.95 \text{ KN}$.

E. Penulangan Geser Vertikal dan Horizontal

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila:

$$V_u < \Phi V_n$$

Nilai V_n yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847 – 2013) pasal 21.9.4.1)

$$V_n = A_{cv} (\alpha \lambda \sqrt{f_c} + \rho_n f_y)$$

$$- \frac{h_w}{l_w} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{panjang dinding}} = 5.67 \geq 1,5$$

Karena $h_w/l_w \geq 1,5$, sehingga $\alpha = 0,17$

- Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2d16, $A_{vt} = 402.29 \text{ mm}^2$

$$S = 100 \text{ mm}$$

$$\rho_n = \frac{A_{vt}}{s \times d_x} = \frac{402.29}{100 \times 252} = 0.0159$$

$$- V_n = 3570000 (0,17 \times 1 \sqrt{40} + 0,0159 \times 390)$$

$$= 26064660 \text{ N} = 26064.66 \text{ KN}$$

$$- V_u < \Phi V_n$$

$$6403.87 \text{ KN} < 0,75 \times 26064.66 = 19548.49 \text{ KN [OK]}$$

Rasio tulangan Horizontal dan vertikal minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan, baik horizontal maupun vertical tidak melebihi 450 mm (SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.2.1).

$$\rho_n > 0.0025$$

$$0.0159 > 0.0025 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.9.3 spasi tulangan horizontal tidak boleh melebihi dari poin berikut :

$$- \frac{l_w}{5} = \frac{11900}{5} = 2380 \text{ mm}$$

$$- 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

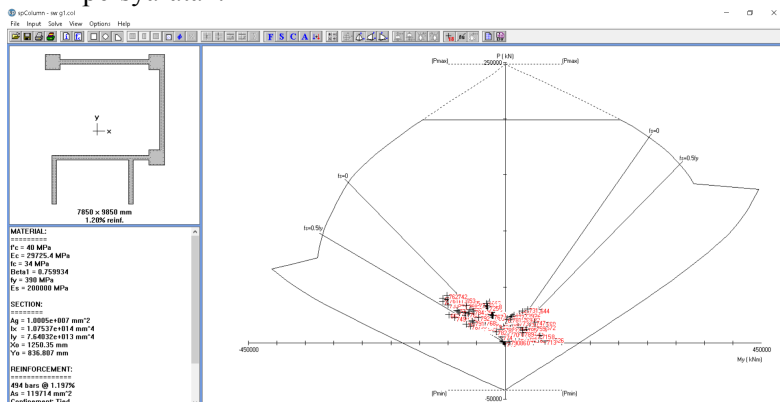
$$- S \text{ yang dipakai} = 100 \text{ mm (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.9.3 spasi tulangan horisontal tidak boleh melebihi dari poin berikut :

- $\frac{lw}{3} = \frac{11900}{3} = 966.67 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm
- S yang dipakai = 100 mm (OK)

b) Kontrol tulangan penahan kombinasi aksial dan lentur

Pada boundary element *shearwall* dipasang tulangan D16. Untuk tulangan longitudinalnya menggunakan hasil perhitungan sebelumnya. Pengecekan dilakukan melalui diagram interaksi P-M hasil program SpColoumn. Dari gambar diketahui bahwa persyaratan tulangan *shearwall* yang dirancang masih memenuhi persyaratan.



Gambar 4. 67 Evaluasi Sp Column Tipe 1 Arah Y

F. Kontrol dan Desain Element Pembatas

1. Cek apakah dibutuhkan elemen pembatas khusus

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.2, penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan (*Displacement Method*) dimana element pembatas diperlukan apabila :

$c \geq \frac{l_w}{600\left(\frac{\delta u}{h_w}\right)}$ dan $\left(\frac{\delta u}{h_w}\right)$ tidak boleh diambil kurang dari 0,007.

Nilai δu adalah nilai displacement pada lantai tertinggi pada masing-masing arah. Dari hasil analisa dengan menggunakan ETABS didapatkan nilai δu yaitu sebesar 130.27 mm, sehingga :

$$\left(\frac{\delta u}{h_w}\right) = \frac{130.27}{67500} = 0.00193 < 0,007, \text{ maka digunakan } 0,007$$

$$\frac{l_w}{600\left(\frac{\delta u}{h_w}\right)} = \frac{11900}{600(0,007)} = 2833.33 \text{ mm}$$

Dari output SpColumn didapatkan nilai c sebesar 2923 mm
 $2916 \text{ mm} > 2833.33 \text{ mm}$ (**Butuh Komponen Batas**)

2. Menentukan Panjang Elemen Pembatas

Dari perhitungan kontrol diatas, panel tersebut harus diberi boundary element. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, boundary element harus dipasang horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari $(c - 0,1 \cdot l_w)$ dan $\frac{c}{2}$.

$$- (c - 0,1 \cdot l_w) = 2916 - (0,1 \times 11900) = 1726 \text{ mm}$$

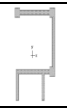


$$- \frac{c}{2} = \frac{2916}{2} = 1458 \text{ mm}$$

Digunakan jarak element pembatas $> 1726 \text{ mm} = 1800 \text{ mm}$

4.6.6.4 Rekapitulasi Desain Dinding Geser

Dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas, daidapatkan hasil Desain dinding geser sebagai berikut :

Tabel 4. 90 Rekapulasi Penulangan *Shearwall*

Tipe <i>Shearwall</i>		Arah	Tulangan Geser Vertikal dan Horisontal	Panjang Boundry Element
	Tipe 1	Arah X	D16-100	2500
		Arah Y	D16-100	1800
	Tipe 2	Arah X	D16-150	-
		Arah Y	D16-150	1500
	Tipe 3	Arah X	D16-150	2100
		Arah Y	D16-150	2100

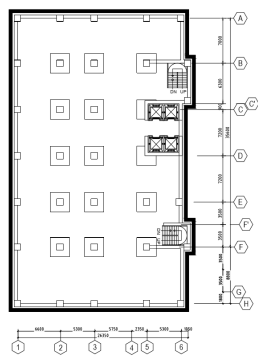
4.7 Perencanaan Struktur Bawah

4.7.1 Perencanaan Basement

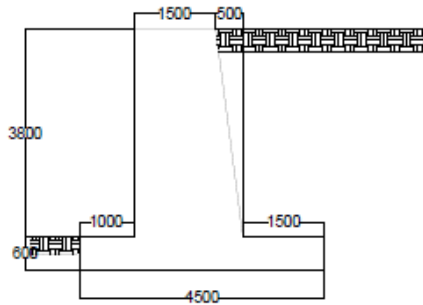
4.7.1.1 Perencanaan dimensi dinding penahan tanah

Dinding penahan tanah harus direncanakan dengan tepat, sehingga perlu diketahui gaya horizontal yang bekerja antar konstruksi penahan dengan massa tanah yang ditahan. Pada perencanaan ini, direncanakan dengan kondisi muka air tertinggi.

- Data Perencanaan



Gambar 4. 68 Denah Dinding Penahan Tanah



Gambar 4. 69 Tampak Samping Dinding Penahan Tanah

Tabel 4. 91 Data Tanah

Depth m	Material	N	gsat (t/m ³)	c (Kn/m ²)	Ø
1	Lempung	8	0.6	40	29.7
2	Lempung berkerkil	8	0.6	40	
3	Lempung berlanau berpasir	2	0.6	10	0.0
4	Lanau Berpasir	2	0.6	10	
5	Lanau Berpasir	2	0.6	10	0.0

$$\gamma_{\text{air}} = 1 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma' = 1.6 - 1 = 0.6 \text{ t/m}^3$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$c' = 1.1 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan Aktif Tanah

$$\sigma_v'(0) = \gamma' \times h = 0$$

$$\sigma_v'(-4.4) = \gamma' \times h = 0.6 \times 4.4 = 2.772 \text{ t/m}^3$$

$$K_a(0) = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{29.7}{2} \right) = 0.28$$

$$\sigma_h'(0) = (\sigma_v' \times K_a) - (2 \times c' \times \sqrt{K_a})$$

$$\sigma_h'(0) = 0 - (2 \times 4 \times \sqrt{0.28}) = -4.27 = 0 \text{ t/m'}$$

$$\sigma_h \text{ total } (0) = \sigma_h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 0 \text{ t/m'}$$

$$K_a(4.4) = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{0}{2} \right) = 0.71$$

$$\sigma_h'(-4.4) = (\sigma_v' \times K_a) - (2 \times c' \times \sqrt{K_a})$$

$$\sigma_h'(-4.4) = (2.772 \times 0.71) - (2 \times 4 \times \sqrt{0.71}) = 0.28 \text{ t/m'}$$

$$\sigma_h \text{ total } (-4.4) = \sigma_h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 0.28 + 3.8 = 4.082 \text{ t/m'}$$

- Tekanan Pasif Tanah

$$\sigma_v'(-0.6) = \gamma' \times h = 0.6 \times 0.6 = 0.978 \text{ t/m'}$$

$$K_p = \frac{1}{K_a} = \frac{1}{0.71} = 1.41$$

$$\sigma_h'(0) = (\sigma_v' \times K_p) + (2 \times c' \times \sqrt{K_p})$$

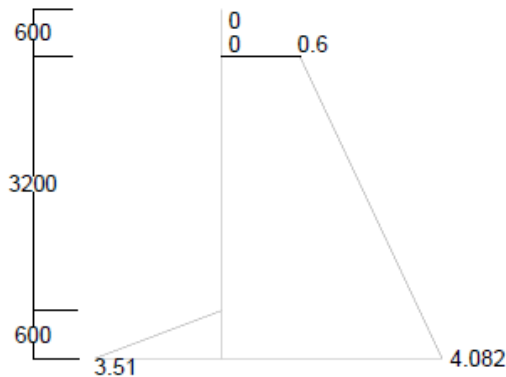
$$\sigma_h'(0) = 0 + (2 \times 4 \times \sqrt{1.41}) = 2.37 \text{ t/m'}$$

$$\sigma_h \text{ total } (0) = \sigma_h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 2.37 \text{ t/m'}$$

$$\sigma_h'(-0.6) = (\sigma_v' \times K_p) + (2 \times c' \times \sqrt{K_p})$$

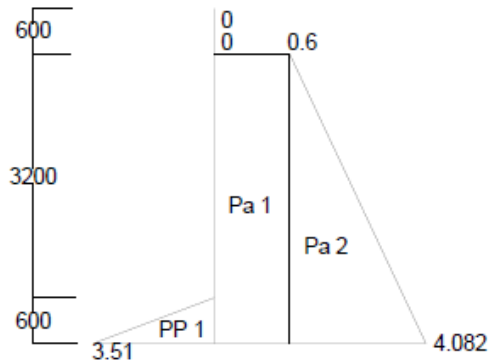
$$\sigma_h'(-0.6) = (0.378 \times 1.41) + (2 \times 4 \times \sqrt{1.41}) = 2.91 \text{ t/m'}$$

$$\sigma_h \text{ total } (-0.6) = \sigma_h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 2.91 + 0.6 = 3.51 \text{ t/m'}$$



Gambar 4. 70 Grafik Gaya Horisontal Tanah

Dinding penahan tanah direncanakan dengan dimensi seperti pada gambar 4.99 dan harus mampu menahan geser dan guling.



Gambar 4. 71 Pembagian Grafik Gaya

- Kontrol Guling

- Akibat tekanan aktif tanah

$$Pa1 = \sigma h \times h = 0.6 \times 3.8 = 2.28 \text{ t}$$

$$Pa1 = \frac{1}{2} \times \sigma h \times h = 3.48 \times 3.8 = 6.61 \text{ t}$$

$$Pa \text{ total} = 2.28 + 6.61 = 8.89 \text{ t}$$

$$Xpa1 = 1.9 \text{ m}$$

$$Xpa2 = 2.533 \text{ m}$$

$$Mpa1 = Pa1 \times Xpa1 = 2.28 \times 1.9 = 4.332 \text{ t m}$$

$$Mpa2 = Pa2 \times Xpa2 = 6.61 \times 2.533 = 16.76 \text{ t m}$$

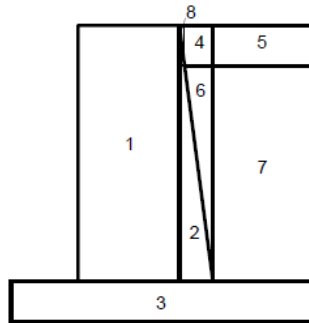
$$Mtotal = Mpa1 + Mpa2 = 4.332 + 16.76 = 21.09 \text{ t m}$$

- Akibat Tekanan Pasif tanah

$$Pp1 = \frac{1}{2} \times \sigma h \times h = \frac{1}{2} \times 3.51 \times 0.6 = 1.05 \text{ t}$$

$$Mp1 = 1.05 \times 0.4 = 0.42 \text{ t m}$$

- Akibat berat penahan tanah dan tanah



Gambar 4. 72 Sketsa Beban Dinding Penahan Tanah

Tabel 4. 92 Perhitungan Momen Dinding Penahan Tanah

No	Dimensi			Mass a	W	Jarak	Momen ((t/m)/m
	X	Y	Z	t/m ³	kN/ m	m	
1	1.5	3.8	1	2.4	13.6 8	1.75	23.94
2	0.5	3.8	0.5	2.4	2.28	2.83	6.46
3	4.5	0.6	1	2.4	6.48	2.25	14.58
4	0.25	0.6	1	1.63	0.25	2.88	0.71
5	1.5	0.6	1	1.63	1.48	3.75	5.55
6	0.25	3.2	0.5	1.63	0.65	2.92	1.90
7	1.5	3.2	1	1.63	7.82	3.75	29.34
8	0.25	0.6	0.5	1.63	0.12	2.67	0.33
Total					32.7 7		82.81

$$FS_{guling} = \frac{Mr}{Mo} = \frac{0.42 + 82.81}{21.09} = \frac{83.23}{21.09} = 3.95$$

$$FS_{guling} = 3.95 \geq 1,5 \text{ (OK)}$$

- Kontrol Geser

- Akibat tekanan aktif tanah

$$P_a = 8.89 \text{ t}$$

- Akibat berat penahan tanah dan tanah

$$W_{\text{beton}} = 32.77 \text{ t}$$

$$P_p = 1.052 \text{ t}$$

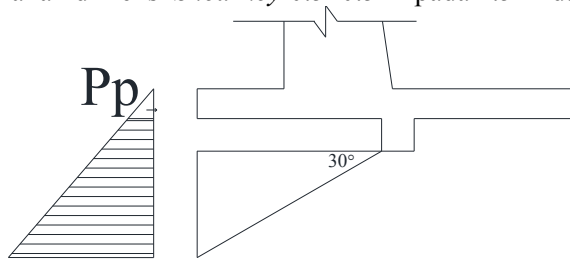
$$FS_{\text{geser}} = \frac{C_u \times A}{P_a - P_p} = \frac{1 \times 4.5}{8.89 - 1.052} = \frac{4.5}{7.838} = 0.57$$

$$FS_{\text{geser}} = 0.57 \leq 1.5 \text{ (Belum OK)}$$

Sehingga diperlukan penambahan kekuatan pada struktur dinding penahan. Penambahan kekuatan dapat dilakukan dengan menambah gaya pasif pada tanah dengan memasang *Shearkey*.

$$\text{Nilai } P_p \text{ yang diperlukan adalah } \frac{((1.5 \times 8.89) - 4.5)}{1.5} = 5.9 \text{ t.}$$

Direncanakan dimensi *Shearkey* 0.5x0.5 m pada 2.5 m dari toe.



Gambar 4. 73 Shearkey

$$h_2 = 0.6 + 0.3 + 30 \tan 30 = 0.6 + 0.5 + 1.44 = 2.54 \text{ m}$$

$$\sigma v'(h_2) = \gamma' \times h = 0.63 \times 2.54 = 1.6 \text{ t/m'}$$

$$\sigma h'(h_2) = (\sigma v' \times K_p) + (2 \times c' \times \sqrt{K_p})$$

$$\sigma h'(h_2) = (1.6 \times 1.41) + (2 \times 1 \times \sqrt{1.41}) = 2.26 \text{ t/m'}$$

$$\sigma h_{\text{total}}(h_2) = \sigma h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 2.26 + 2.54 = 4.796 \text{ t/m'}$$

$$P_p = \frac{1}{2} \times \sigma h \times h = \frac{1}{2} \times (4.796) \times (2.54) = 6.092 \text{ t}$$

$$FS_{\text{geser}} = \frac{C_u \times A}{P_a - P_p} = \frac{1 \times 4.5}{8.89 - 6.092} = \frac{4.5}{2.798} = 1.61$$

$$FS_{\text{geser}} = 1.61 \geq 1.5 \text{ (OK)}$$

4.7.1.2 Penulangan dinding penahan tanah

- Penulangan pada *toe* dan *heel* dinding penahan

$$Mu = 1,6 \times Mo = 1,6 \times 21.09 = 33.74 \text{ tm} = 33743900.96 \text{ Nmm}$$

Tebal pelat = 600 mm

Selimut beton = 50 mm

Mutu beton = 40 Mpa

Mutu tulangan = 420 Mpa

Diameter tulangan = 19 mm

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0364$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0364 = 0.0273$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.0038$$

ρ_{min} dipakai 0.0038

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12.352$$

dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan

$$dx = 600 - 50 - (0.5 \times 19) = 540,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{33743900.96}{0.9 \times 1000 \times 540,5^2} = 0,128$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{12.352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.352 \times 0,128}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.00031 \leq \rho_{min}$$

ρ pakai = 0.0038

$$A_{sperlu} = \rho b d = 0,0038 \times 1000 \times 540,5 = 2034.78 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{A_{sperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{2034.78} = 139.34 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D19-100.

- Penulangan pada *stem* dinding penahan

$$Mu = 1,6 \times Mo = 1,6 \times 21.09 = 33.74 \text{ tm} = 33743900.96 \text{ Nmm}$$

Tebal pelat = 300 mm

Selimut beton = 50 mm

Mutu beton = 40 Mpa

Mutu tulangan = 420 Mpa

Diameter tulangan = 12 mm

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0363$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0363 = 0.0273$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.0038$$

ρ_{min} dipakai 0.0038

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12.352$$

dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan

$$dx = 300 - 50 - (0.5 \times 12) = 244 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{33743900.96}{0.9 \times 1000 \times 244^2} = 0.629$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{12.352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.352 \times 0.629}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0015$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0038$$

$$A_{sperlu} = \rho b d = 0.0038 \times 1000 \times 244 = 918.57 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{A_{sperlu}} = \frac{0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000}{918.57} = 123.123 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur Ø12-100mm.

4.7.1.3 Perencanaan pelat dasar basement

Data-data perencanaan pelat beton:

Tebal pelat = 200 mm

Selimut beton = 50 mm

$L_x = 810$ cm

$L_y = 880$ cm

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{880}{810} = 1.086 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Mutu beton = 40 Mpa

Mutu tulangan = 420 Mpa

Elevasi Muka Air Tanah = -0.6 m

Berat Jenis Air = 1000 kg/m³

Pada pelat dasar *basement* terdapat 2 kondisi maksimum yang terjadi yaitu pada saat musim hujan terjadi dan tidak ada kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu *uplift* akibat air serta pada saat musim kemarau yang menyebabkan muka air tanah dibawah elevasi *basement* serta terdapat kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu akibat beban parkir kendaraan

- Akibat gaya *uplift* air

Dari data tersebut, dapat dihitung gaya *uplift* yg bekerja dengan sebagai berikut:

$$q_{\text{air}} = h_{\text{air}} \times \text{berat jenis air} = 0.6 \times 1000 = 600 \text{ kg/m}^2$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan bahwa $q_{\text{air}} = 4750$ kg/m². Nilai q_{air} tersebut akan menjadi beban *uplift* pada pelat *basement* itu sendiri.

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 400}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0364$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0364 = 0.0273$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0034 \text{ atau } \rho_{\text{min}} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.0038$$

ρ_{min} dipakai 0.0038

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12.352$$

dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan bawah

$$dx=200-50-(0,5 \times 13) = 143.5 \text{ mm}$$

dy=tebal pelat - selimut beton – diameter tulangan bawah -0,5 diameter tulangan atas

$$dy=200-50-12-(0,5 \times 13) = 130.5 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel

13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$M_{lx} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0.001 \cdot 600 \cdot 8.1^2 \cdot 25 \\ = 984.15 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0.001 \cdot 600 \cdot 8.1^2 \cdot 59 \\ = -2322.594 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0.001 \cdot 600 \cdot 8.8^2 \cdot 21 \\ = 975.744 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0.001 \cdot 600 \cdot 8.8^2 \cdot 54 \\ = -2509.056 \text{ kgm}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{23225940}{0,9 \cdot 1000 \cdot 144^2} = 1.245$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{12.352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.352 \times 1.245}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.00302$$

$$\rho_{pakai} = 0.00377$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,00377 \times 1000 \times 143.5 = 540.22 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{540.22} = 245.57 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D13-200.

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d y^2} = \frac{25090560}{0,9 \cdot 1000 \cdot 130.5^2} = 1.64$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{12.352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.352 \times 1.64}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.00399$$

$$\rho_{pakai} = 0.00399$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,00399 \times 1000 \times 130.5 = 521.51 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{As_{perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{521.51} = 254.39 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D13-250.

Tabel 4. 93 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement akibat *uplift* air

Pelat	Bentang		Penulangan	
Pelat 1	Lx	810	D13	200
	Ly	880	D13	250
Pelat 2	Lx	530	D13	200
	Ly	880	D13	250
Pelat 3	Lx	660	D13	200
	Ly	880	D13	250
Pelat 4	Lx	660	D13	200
	Ly	700	D13	250
Pelat 5	Lx	530	D13	200
	Ly	700	D13	250
Pelat 6	Lx	810	D13	200
	Ly	700	D13	250
Pelat 7	Lx	660	D13	200
	Ly	720	D13	250
Pelat 8	Lx	530	D13	200
	Ly	720	D13	250
Pelat 9	Lx	810	D13	200
	Ly	720	D13	250

- Akibat beban parkir

Peraturan pembebanan pada struktur pelat *basement* akibat parkir ini menggunakan SNI 1727-2013.

- Beban Mati

○ Berat beton (0.2x2400)	= 480 kg/m ²
○ Berat spesi 1 cm	= 21 kg/m ² +
Total	= 501 kg/m ²
• Beban Hidup	
○ Lantai	= 800 kg/ m ²
Total (q _L)	= 800 kg/ m ²
• Beban Berfaktor	
q _U = 1,2q _D + 1,6q _L = 1,2(501) + 1,6(800) = 1881.2 kg/m ²	

dx=tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan bawah

$$dx=200-50-(0,5 \times 16)=142 \text{ mm}$$

dy=tebal pelat - selimut beton – diameter tulangan bawah -0,5 diameter tulangan atas

$$dy=200-50-12-(0,5 \times 16)=126 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel

13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$Mlx = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 1881.2 \cdot 8.1^2 \cdot 25 \\ = 3085.64 \text{ kgm}$$

$$Mtx = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 1881.2 \cdot 8.1^2 \cdot 59 \\ = -7282.11 \text{ kgm}$$

$$Mly = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 1881.2 \cdot 8.8^2 \cdot 21 \\ = 3059.283 \text{ kgm}$$

$$Mty = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 1881.2 \cdot 8.8^2 \cdot 54 \\ = -7866.727 \text{ kgm}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{72821100}{0,9 \cdot 1000 \cdot 142^2} = 4.013$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12.352} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.352 \times 4.013}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0102$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0102$$

$$AS_{perlu} = \rho b d = 0,0102 \times 1000 \times 142 = 1447.86 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{AS_{perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1447.86} = 138.924 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D16-100. (Spasi tulangan dan Besar Tulangan dipakai dengan hasil gaya akibat beban Parkir) .

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{78667269}{0,9 \cdot 1000 \cdot 126^2} = 5.51$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12.35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12.352 \cdot 5.506}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0144$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.0144$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho b d = 0,0144 \times 1000 \times 126 = 1812.79 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi x \emptyset^2 x 1000}{A_{\text{Sperlu}}} = \frac{0,25 \pi x 16^2 x 1000}{1812.79} = 110.96 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D10-100. (Spasi tulangan disamakan dengan hasil gaya akibat *uplift* air untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan).

Tabel 4. 94 Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement Akibat Beban Parkir

Pelat	Bentang		Penulangan	
Pelat 1	Lx	810	D13	100
	Ly	880	D13	100
Pelat 2	Lx	530	D13	300
	Ly	880	D13	100
Pelat 3	Lx	660	D13	200
	Ly	880	D13	100
Pelat 4	Lx	660	D13	200
	Ly	700	D13	150
Pelat 5	Lx	530	D13	300
	Ly	700	D13	150
Pelat 6	Lx	810	D13	100
	Ly	700	D13	150
Pelat 7	Lx	660	D13	200

4.7.2.1 Data perencanaan pondasi

Pondasi pada gedung ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang beton (*Spun pile*) produk dari PT. Waskita Beton Precast. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 600 mm
- *Wall thickness* : 100 mm
- Klasifikasi : C
- *Concrete cross section* : 1571 cm²
- Berat : 393 kg/m
- *Bending moment crack* : 29 tm
- *Bending momen ultimate* : 58 tm
- *Allowable axial load* : 229 t

4.7.2.2 Daya dukung tanah tiang pancang tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan

koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari *Terzaghi Bazaraa* 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$

a. $N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$

b. $N_1 = 0.6 N$

Kemudian pilih harga N_1 yang terkecil

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N_2 = \frac{4N_1}{(1 + 0,4 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{(3,25 + 0,1 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

3. Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = C_n \times A_{ujung} = 40 \times \tilde{N} \times A_{ujung}$$

$$Q_s = \sum C_{li} \times A_{si}$$

Dimana :

\tilde{N} = Harga rata – rata N_2 4D dibawah ujung sampai dengan 8D diatas ujung tiang

C_{li} = $N/2$ untuk tanah lempung atau lanau dan $N/5$ untuk tanah pasir

A_{si} = Luas selimut tiang pada segmen $i = O_i \times h_i$

O_i = Keliling tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Dimana :

SF = safety factor = 3

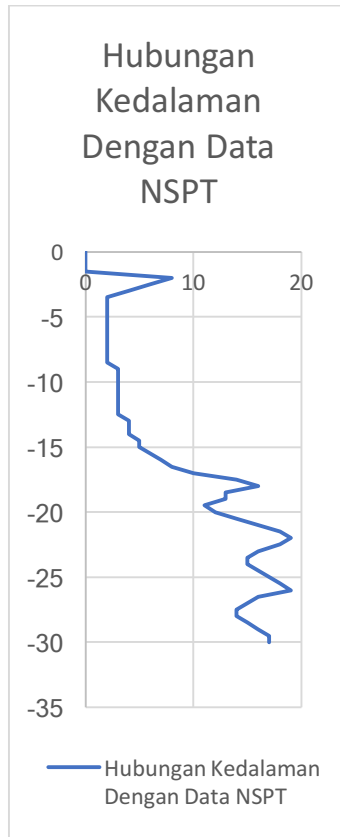
Tabel 4. 95 Hasil Pengolahan Data Tanah

Depth	L/P	Test (SPT)	Qujung	S Rsi	Qult = Qujung + S rsi	Qijin = Qult/SF
m		N	(ton)	(ton)		SF=3 ; (ton)
0	L	0	46,37	0,00	46,37	15,46
0,5	L	0	51,18	0,00	51,18	17,06
1	L	0	49,79	0,00	49,79	16,60
1,5	L	0	48,71	0,00	48,71	16,24
2	L	8	47,84	6,59	54,43	18,14
2,5	L	6	47,13	11,59	58,72	19,57
3	L	4	46,54	14,93	61,47	20,49
3,5	L	2	46,04	16,60	62,63	20,88
4	L	2	45,61	18,26	63,87	21,29
4,5	L	2	45,24	19,93	65,17	21,72
5	L	2	44,91	21,60	66,51	22,17
5,5	L	2	47,41	23,27	70,68	23,56
f6	L	2	49,75	24,94	74,69	24,90
6,5	L	2	53,26	26,61	79,86	26,62
7	L	2	56,76	28,27	85,04	28,35
7,5	L	2	50,38	29,94	80,33	26,78
8	L	2	46,38	31,61	77,99	26,00
8,5	L	2	44,88	33,17	78,05	26,02
9	L	3	45,89	35,50	81,39	27,13

Depth	L/P	Test (SPT)	Qujung	S Rsi	Qult = Qujung + S rsi	Qijin = Qult/SF
m		N	(ton)	(ton)		SF=3 ; (ton)
9,5	L	3	46,89	37,84	84,73	28,24
10	L	3	47,65	40,18	87,83	29,28
10,5	L	3	49,50	42,51	92,01	30,67
11	L	3	51,35	44,85	96,20	32,07
11,5	L	3	53,19	47,19	100,38	33,46
12	L	3	56,99	49,52	106,51	35,50
12,5	L	3	60,79	51,70	112,49	37,50
13	L	4	65,84	54,60	120,44	40,15
13,5	L	4	72,16	57,50	129,66	43,22
14	L	4	80,10	60,40	140,50	46,83
14,5	L	5	89,45	64,60	154,05	51,35
15	L	5	103,94	68,80	172,74	57,58
15,5	L	6	121,00	73,84	194,83	64,94
16	L	7	132,39	79,72	212,11	70,70
16,5	L	8	143,79	86,57	230,36	76,79
17	P	10	152,89	90,00	242,89	80,96
17,5	P	14	163,14	94,80	257,94	85,98
18	L	16	175,93	108,50	284,43	94,81
18,5	L	13	189,92	118,44	308,36	102,79
19	L	13	206,20	128,37	334,57	111,52
19,5	L	11	223,63	136,78	360,41	120,14
20	L	12	236,91	145,95	382,85	127,62
20,5	L	14	248,01	156,65	404,65	134,88
21	L	16	256,76	168,87	425,63	141,88
21,5	L	18	264,25	182,63	446,88	148,96

Depth	L/P	Test (SPT)	Qujung	S Rsi	Qult = Qujung + S rsi	Qijin = Qult/SF
m		N	(ton)	(ton)		SF=3 ; (ton)
22	L	19	264,63	197,15	461,78	153,93
22,5	L	18	263,10	210,20	473,30	157,77
23	L	16	257,10	221,80	478,89	159,63
23,5	L	15	249,19	232,67	481,86	160,62
24	L	15	251,99	243,55	495,54	165,18
24,5	L	16	253,68	250,65	504,34	168,11
25	L	17	256,56	258,20	514,76	171,59
25,5	L	18	258,30	266,19	524,49	174,83
26	L	19	260,78	274,63	535,41	178,47
26,5	L	16	262,20	286,43	548,64	182,88
27	L	15	262,57	297,49	560,07	186,69
27,5	L	14	261,79	307,82	569,61	189,87
28	L	14	258,37	318,15	576,51	192,17
28,5	L	15	256,94	330,50	587,44	195,81
29	L	16	256,62	343,68	600,30	200,10
29,5	L	17	256,26	357,68	613,94	204,65
30	L	17	264,05	371,68	635,73	211,91

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tanah, maka tiang pancang direncanakan berhenti sampai elevasi -30 m yang memiliki nilai daya dukung sebesar 211.91 ton.

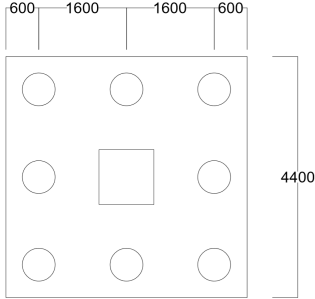


Gambar 4. 75 Grafik Antara Daya dukung Tanah dengan Kedalaman

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS, diambil output semua reaksi perletakkan.

Tabel 4. 96 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1

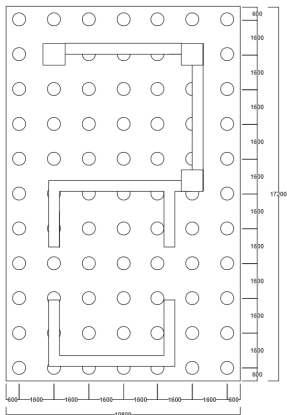
Kombinasi Beban	Hx kN	Hy kN	P kN	Mx kNm	My kNm
D	74.5941	100.5098	7666.1247	101.7719	125.4576
D+L	83.2166	112.5687	8310.7164	113.9206	139.0423
D+0,75L	81.061	109.554	8149.5685	110.8834	135.6461
D+0,7Ex	142.0196	120.8446	8750.8351	191.7329	361.4858
D+0,7Ey	237.5795	260.7376	8471.8997	640.6378	594.3367
D+0,75(0,75Ex)+L	133.7109	127.8198	9089.1004	174.134	309.5198
D+0,75(0,75Ey)+L	198.7251	224.256	8915.0477	510.8126	481.0492
0,6D+0,7Ex	126.6854	83.0464	5721.7295	157.3951	327.8747
0,6D+0,7Ey	213.964	228.2346	5516.5159	617.7523	553.3324



Gambar 4. 76 Pondasi Tiang Pancang Tipe 1

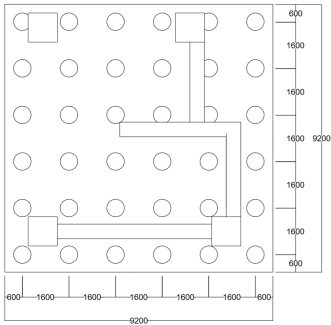
Tabel 4. 97 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2

kombinasi beban	Hx	Hy	P	Mx	My
	kN	kN	kN	kNm	kNm
D	-423.6596	-317.798	66627.88	186.21	391.55
D+L	-462.5867	-336.175	70103.32	198.14	438.54
D+0,75L	-452.855	-331.581	69234.46	195.16	426.80
D+0,7Ex	4513.3522	4835.021	123158.77	1268.45	4167.99
D+0,7Ey	4894.0459	7434.801	132331.70	4172.79	3661.72
D+0,75(0,75Ex)+L	3240.1719	3528.439	112501.49	1009.82	3270.87
D+0,75(0,75Ey)+L	3525.692	5478.274	119381.18	3188.08	2891.17
0,6D+0,7Ex	4682.8159	4962.14	96507.62	1193.97	4011.37
0,6D+0,7Ey	5063.5095	7561.92	105680.55	4098.31	3505.10



Gambar 4. 77 Pondasi Tiang Pancang Tipe 2
Tabel 4. 98 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 3

Kombinasi Beban	Hx kN	Hy kN	P kN	Mx kNm	My kNm
D	-135.2955	173.0898	29981.43	-14.649	244.7617
D+L	-148.347	175.1272	31157.22	-5.7346	271.3559
D+0,75L	-145.0843	174.6179	30863.27	-7.9632	264.7075
D+0,7Ex	1941.889	1434.117	52368.3	531.9759	1896.298
D+0,7Ey	3729.535	3496.423	77458.79	2159.747	3267.721
D+0,75(0,75Ex)+L	1425.349	1120.898	47947.37	404.234	1510.008
D+0,75(0,75Ey)+L	2766.083	2667.627	66765.24	1625.063	2538.575
0,6D+0,7Ex	1979.613	1364.881	40375.73	537.8357	1798.394
0,6D+0,7Ey	3767.258	3427.187	65466.22	2165.607	3169.816



Gambar 4. 78 Pondasi Tiang Pancang Tipe 3

Berdasarkan table diatas sehingga jumlah tiang pancang digunakan 9 buah untuk tipe 1, 77 buah untuk tipe 2 dan 49 Buah untuk tipe 3

4.7.2.3 Daya dukung tanah tiang pancang kelompok

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang.

Terdapat beberapa tipe susuan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1,2 meter.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang didesain :

$$\bar{P}_{1\text{tiang}} = 229.5 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

$$\bar{P}_{1\text{tiang}} = 202.922 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 202.922 ton.

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (η) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$Ce = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot (2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n})$$

$$Ce = 1 - \frac{1.047}{90} \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) = 0,999$$

Dimana :

\emptyset = diameter tiang pancang

S = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup

Sehingga perhitungan efisiensinya menjadi

$$QL (\text{group}) = QL (1 \text{ tiang}) \times Ce = 211.91 \times 9.81 \times 0.999 = 2078.71 \text{ kN}$$

4.7.2.4 Kontrol beban maksimum 1 tiang pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2} \leq P_{ijin tanah} \text{ (1 tiang)}$$

Perhitungan jarak tiang

$2D \leq S \leq 3D$	dengan S = jarak antar tiang
$120 \leq S \leq 180$	dipakai $S = 160$ cm
$1D \leq S \leq 2D$	dengan S = jarak tepi
$60 \leq S \leq 120$	dipakai $S = 60$ cm

$$P = 8471.90 \text{ kN}$$

$$N = 9 \text{ tiang}$$

$$M_x = 640.64 \text{ kNm}$$

$$M_y = 594.34 \text{ kNm}$$

$$X_{max} = 1.6 \text{ m}$$

$$Y_{max} = 1.6 \text{ m}$$

$$\sum X = 1.6 \text{ m}$$

$$\sum Y = 1.6 \text{ m}$$

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$$P_{max} = \frac{8471.90}{9} \pm \frac{640.64 \times 1.6}{1.6^2} \pm \frac{594.34 \times 1.6}{1.6^2}$$

$$P_{max} = 1713.18 \text{ kN} \leq 2078.71 \text{ kN (1 tiang)} \dots OK$$

Tabel 4. 99 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 1

kombinasi beban	P	Mx	My	n	p/n	$\frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2}$	$\frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$	Pmax	Pijin	Pijin>
	kN	kNm	kNm					kN	kN	
D	7666.12	101.77	125.46	9	851.79	78.41	63.61	993.81	2078.69	OK
D+L	8310.72	113.92	139.04	9	923.41	86.90	71.20	1081.51	2078.69	OK
D+0,75L	8149.57	110.88	135.65	9	905.51	84.78	69.30	1059.59	2078.69	OK
D+0,7Ex	8750.84	191.73	361.49	9	972.32	225.93	119.83	1318.08	2078.69	OK
D+0,7Ey	8471.90	640.64	594.34	9	941.32	371.46	400.40	1713.18	2078.69	OK
D+0,75(0,75Ex)+L	9089.10	174.13	309.52	9	1009.90	193.45	108.83	1312.18	2078.69	OK
D+0,75(0,75Ey)+L	8915.05	510.81	481.05	9	990.56	300.66	319.26	1610.47	2078.69	OK
0,6D+0,7Ex	5721.73	157.40	327.87	9	635.75	204.92	98.37	939.04	2078.69	OK
0,6D+0,7Ey	5516.52	617.75	553.33	9	612.95	345.83	386.10	1344.87	2078.69	OK

Tabel 4. 100 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum tipe 2

kombinasi beban	P	Mx	My	N	p/n	$\frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2}$	$\frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$	Pmax	Pijin	Pijin>
	kN	kNm	kNm					kN	kN	Pmax
D	66627.88	186.21	391.55	77	865.30	20.39	2.59	888.28	2078.69	OK
D+L	70103.32	198.14	438.54	77	910.43	22.84	2.75	936.03	2078.69	OK
D+0,75L	69234.46	195.16	426.80	77	899.15	22.23	2.71	924.09	2078.69	OK
D+0,7Ex	123158.77	1268.45	4167.99	77	1599.46	217.08	17.62	1834.16	2078.69	OK
D+0,7Ey	132331.70	4172.79	3661.72	77	1718.59	190.71	57.96	1967.26	2078.69	OK
D+0,75(0,75Ex)+L	112501.49	1009.82	3270.87	77	1461.06	170.36	14.03	1645.44	2078.69	OK
D+0,75(0,75Ey)+L	119381.18	3188.08	2891.17	77	1550.40	150.58	44.28	1745.27	2078.69	OK
0,6D+0,7Ex	96507.62	1193.97	4011.37	77	1253.35	208.93	16.58	1478.85	2078.69	OK
0,6D+0,7Ey	105680.55	4098.31	3505.10	77	1372.47	182.56	56.92	1611.95	2078.69	OK

Tabel 4. 101 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum Tipe 3

kombinasi beban	P	Mx	My	N	p/n	$\frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2}$	$\frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$	Pmax	Pijin	Pijin>
	kN	kNm	kNm					kN	kN	
D	29981.43	-14.65	244.76	49	611.87	18.89	-1.13	629.62	2078.69	OK
D+L	31157.22	-5.73	271.36	49	635.86	20.94	-0.44	656.36	2078.69	OK
D+0,75L	30863.27	-7.96	264.71	49	629.86	20.42	-0.61	649.67	2078.69	OK
D+0,7Ex	52368.30	531.98	1896.30	49	1068.74	146.32	41.05	1256.11	2078.69	OK
D+0,7Ey	77458.79	2159.75	3267.72	49	1580.79	252.14	166.65	1999.58	2078.69	OK
D+0,75(0,75Ex)+L	47947.37	404.23	1510.01	49	978.52	116.51	31.19	1126.22	2078.69	OK
D+0,75(0,75Ey)+L	66765.24	1625.06	2538.58	49	1362.56	195.88	125.39	1683.82	2078.69	OK
0,6D+0,7Ex	40375.73	537.84	1798.39	49	823.99	138.76	41.50	1004.26	2078.69	OK
0,6D+0,7Ey	65466.22	2165.61	3169.82	49	1336.05	244.58	167.10	1747.73	2078.69	OK

4.7.2.5 Kontrol Kekuatan tiang

- Kontrol terhadap Gaya Aksial

Untuk tiang pancang diameter 60 cm kelas C pada produk dari PT. Waskita Beton Precast, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 229.5 ton.

$P_{max} = 171.32 \text{ ton} < P_{ijin} = 229.5 \text{ ton}$

- Kontrol terhadap Gaya Momen

Perumusan yang dipakai diambil dari buku “Daya Dukung Pondasi Dalam (Herman Wahyudi)” :

$M_{max} = H (e + 1,5d + 0,5f)$

$$f = \frac{H}{9 C_u d}$$

Dimana:

H = Lateral Load

e = jarak antara lateral load (H) dengan muka tanah

D = diameter pondasi

dari lampiran data tanah di ketahui $C_u = 0.859 \text{ kg/cm}^2$

$$f = \frac{H}{9 C_u d} = \frac{23757.95}{9 \times 0.859 \times 60} = 51.22 \text{ cm}$$

$$M_{\max} = H (e + 1,5d + 0,5f) = 23757.95 (0 + 1,5 \times 60 + 0,5 \times 51.22) \\ = 2747000 \text{ kgcm} = 27.47 \text{ tm}$$

Untuk diameter 600 mm kelas C pada brosur, momen tidak diperkenankan melebihi $M_{\text{crack}} = 29 \text{ tm}$.

Cek kekuatan momen tiang :

$M_{\text{crack}} = 29 \text{ tm} > M = 27.47 \text{ tm} \dots\dots\dots (\text{OK})$

Tabel 4. 102 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 1

kombinasi beban	Hx Kg	Hy Kg	H Kg	e	D cm	f cm	Mmax tm	Mijin tm	Kontrol
D	7459.41	10050.98	10050.98	0.00	60.00	21.67	10.13	29.00	OK
D+L	8321.66	11256.87	11256.87	0.00	60.00	24.27	11.50	29.00	OK
D+0,75L	8106.10	10955.40	10955.40	0.00	60.00	23.62	11.15	29.00	OK
D+0,7Ex	14201.96	12084.46	14201.96	0.00	60.00	30.62	14.96	29.00	OK
D+0,7Ey	23757.95	26073.76	23757.95	0.00	60.00	51.22	27.47	29.00	OK
D+0,75(0,75Ex)+L	13371.09	12781.98	13371.09	0.00	60.00	28.83	13.96	29.00	OK
D+0,75(0,75Ey)+L	19872.51	22425.60	22425.60	0.00	60.00	48.35	25.60	29.00	OK
0,6D+0,7Ex	12668.54	8304.64	12668.54	0.00	60.00	27.31	13.13	29.00	OK
0,6D+0,7Ey	21396.40	22823.46	22823.46	0.00	60.00	49.20	26.16	29.00	OK

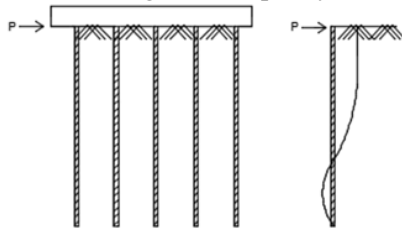
Tabel 4. 103 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 2

kombinasi beban	Hx Kg	Hy Kg	H Kg	e	D cm	f cm	Mmax tm	Mijin tm	Kontrol
D	-423.66	-317.80	-423.66	0.00	60.00	0.91	0.38	29.00	OK
D+L	-462.59	-336.18	-462.59	0.00	60.00	1.00	0.42	29.00	OK
D+0,75L	-452.86	-331.58	-452.86	0.00	60.00	0.98	0.41	29.00	OK
D+0,7Ex	4513.35	4835.02	4513.35	0.00	60.00	9.73	4.28	29.00	OK
D+0,7Ey	4894.05	7434.80	7434.80	0.00	60.00	16.03	7.29	29.00	OK
D+0,75(0,75Ex)+L	3240.17	3528.44	3528.44	0.00	60.00	7.61	3.31	29.00	OK
D+0,75(0,75Ey)+L	3525.69	5478.27	5478.27	0.00	60.00	11.81	5.25	29.00	OK
0,6D+0,7Ex	4682.82	4962.14	4962.14	0.00	60.00	10.70	4.73	29.00	OK
0,6D+0,7Ey	5063.51	7561.92	7561.92	0.00	60.00	16.30	7.42	29.00	OK

Tabel 4. 104 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 3

kombinasi beban	Hx	Hv	H	e	D	f	Mmax	Mijin	Kontrol
	Kg	Kg	Kg		cm	cm	tm	tm	
D	-135.30	173.09	173.09	0.00	60.00	0.37	0.16	29.00	OK
D+L	-148.35	175.13	175.13	0.00	60.00	0.38	0.16	29.00	OK
D+0,75L	-145.08	174.62	174.62	0.00	60.00	0.38	0.16	29.00	OK
D+0,7Ex	1941.89	1434.12	1941.89	0.00	60.00	4.19	1.79	29.00	OK
D+0,7Ey	3729.53	3496.42	3729.53	0.00	60.00	8.04	3.51	29.00	OK
D+0,75(0,75Ex)+L	1425.35	1120.90	1425.35	0.00	60.00	3.07	1.30	29.00	OK
D+0,75(0,75Ex)+L	2766.08	2667.63	2766.08	0.00	60.00	5.96	2.57	29.00	OK
0,6D+0,7Ex	1979.61	1364.88	1979.61	0.00	60.00	4.27	1.82	29.00	OK
0,6D+0,7Ey	3767.26	3427.19	3767.26	0.00	60.00	8.12	3.54	29.00	OK

- Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral



Gambar 4. 79 Diagram Gaya Lateral Tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Kontrol defleksi tiang :

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

δ = defleksi yang terjadi

Fd = koefisien defleksi

P = Gaya lateral 1 tiang

T = *Relative stiffness Factor*

Pondasi Tiang Pancang Tipe 1

Jumlah tiang = 9

H_{\max} = 23.76 t

H_{\max} 1 tiang = 2.64 t

$C_u = 0.859 \text{ kg/cm}^2$

$Q_u = 2 \times C_u = 2 \times \frac{0.859}{0.977} = 1.758 \frac{\text{t}}{\text{ft}^3}$

Dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing* maka didapatkan $f = 6 \text{ t/ft}^3 = 0,192 \text{ kg/cm}^3$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$E = 4700\sqrt{fc} = 4700\sqrt{40} = 29725,41 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \times \frac{22}{7} \times (60 - 40)^4 = 7857,143 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{29725,41 \times 7857,143}{0,192}\right)^{\frac{1}{5}} = 65,62 \text{ cm}$$

Fd(deflection coefficient)

$$L = 30 \text{ m} = 3000 \text{ cm (kedalaman tiang pancang)}$$

$$T = 65,62 \text{ cm}$$

$$L/T = 45,72$$

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan $Fd = 0,99$

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI}\right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,9 \left(\frac{23,76 \times 65,62^3}{29725,41 \times 7857,143}\right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,0285 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm (OK)}$$

Kontrol Momen :

$$M_{\text{crack}} = 29 \text{ tm}$$

$$L/T = 45,72$$

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan $Fm = 0,9$

$$M = Fm(PT) \leq M_{\text{bending crack}}$$

$$M = 0,9 \times (23,76 \times 65,62) \leq 29 \text{ tm}$$

$$M = 14,03 \text{ tm} \leq 29 \text{ tm (OK)}$$

Tabel 4. 105 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Lateral

Time Tiang	N	H max	H max 1 Tiang	Cu	Qu	f	fc	E	I	T	L	fd	δ	Kontrol
Time 1	9	23,75795	2,639772222	0,859	1,7584	0,192	40	29725,41	7857,143	65,61728	30	0,99	0,028451582	OK
Time 2	77	7,56192	0,098206757	0,859	1,7584	0,192	40	29725,41	7857,143	65,61728	30	0,99	0,009055857	OK
Time 3	49	3,767258	0,07688282	0,859	1,7584	0,192	40	29725,41	7857,143	65,61728	30	0,99	0,00451152	OK

4.7.3 Perencanaan Poer Pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer.

P_u	= 908.91 ton
P_{\max} (1 tiang)	= 229.5 ton
Jumlah tiang pancang	= 9 buah
Dimensi poer	= 4.4 x 4.4 x 1,2 m
Mutu beton (f_c')	= 40 MPa
Mutu baja (f_y)	= 420 MPa
Diameter tulangan	= 29 mm
Selimit beton	= 70 mm
Δ	= 1 (beton normal)

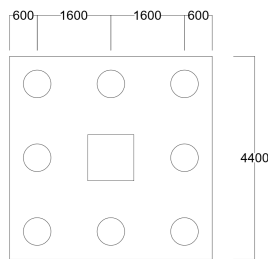
Tinggi efektif (d):

$$d_x = 1200 - 70 - \frac{1}{2} 29 = 1115,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 - 70 - 25 - \frac{1}{2}(29) = 1086,5 \text{ mm}$$

4.7.3.1 Kontrol Geser Ponds

- Akibat Kolom



Gambar 4. 80 Area Kritis Geser Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non-prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

$\alpha_s = 20$ untuk kolom sudut, $\alpha_s = 30$ untuk kolom tepi, $\alpha_s = 40$ untuk kolom interior

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek = $1000/1000 = 1$

b_o = Keliling penampang kritis :

$$b_o = 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2 (h_{\text{kolom}} + d)$$

$$b_o = 2 (1000 + 1115.5) + 2 (1000 + 1115.5) = 8470 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1 \sqrt{40} \times 8470 \times 1115.5 = 30446878.02 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{40 \times 1115,5}{8470} + 2 \right) 1 \sqrt{40} \times 8470 \times 1115,5$$

$$V_{c2} = 36038224.14 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 8470 \times 1115,5 = 19880020.36 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_u$$

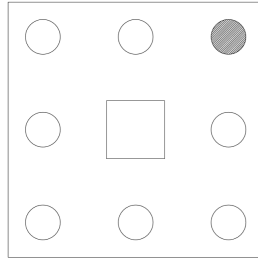
$$\phi V_c = 0,75 \times 19880020.36 \text{ N} = 14910015.27 \text{ N} = 1491.002 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 1491.002 \geq 908.91 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 1491.002 \geq 908.91 \text{ ton (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Tiang Pancang



Gambar 4. 81 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek = $1000/1000 = 1$

$b_o = (0,25 \times \pi \times (600 + 1115,5)) = 1347.35 \text{ mm}$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{40} \times 1347.35 \times 1115,5 = 4847863.1 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{40 \times 1115,5}{1347.35} + 2 \right) 1\sqrt{40} \times 1347.35 \times 1115,5$$

$$V_{c2} = 27705995.77 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 1347.35 \times 1115,5 = 3165369.46 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_{pile}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 27705995.77 \text{ N} = 2374027.093 \text{ N} = 237.4 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 237.4 \geq 229.5 \text{ (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

4.7.4 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

$$d_x = 1200 - 70 - \frac{1}{2} 25 = 1115,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 - 70 - 25 - \frac{1}{2}(25) = 1086,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 400}{410} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0364$$

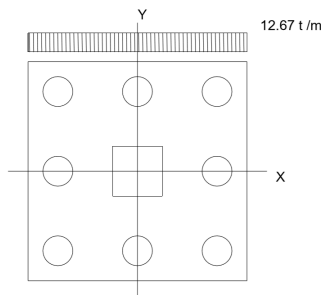
$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0363 = 0.0273$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.0038$$

ρ_{min} dipakai 0.0038

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12.353$$

4.7.4.1 Penulangan poer arah sumbu X



Gambar 4. 82 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)

$$P_{\max} = 171.32 \text{ ton}$$

$$q = 4.4 \times 1,2 \times 2,4 = 12.67 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 12.67 \text{ ton/m} \times 1,2 = 15.21 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} Mu &= 3 \cdot P_{\max} \cdot a - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2 \\ &= (3 \times 171.32 \times 1.1) - (\frac{1}{2} \times 15.21 \times (1,7)^2) \\ &= 538.98 \text{ t.m} \\ &= 5389819154 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{5389819154}{0,9 \cdot 4400 \cdot 1115,5^2} = 1.094$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12.353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.353 \times 1.094}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.00265$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.00265$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,00265 \times 4400 \times 1115,5 = 12994.92 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{12994.92}{0,25 \times \pi \times 29^2} = 19.68 \text{ Buah} \approx 20 \text{ buah}$$

$$S = \frac{4400}{20} = 220 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai D29-200

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$As = \frac{1}{2} \times 0,00265 \times 4400 \times 1115,5 = 6497.46 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 ($As = 380,133 \text{ mm}^2$)

$$N = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{6497.46}{0,25 \times \pi \times 22^2} = 17.09 \text{ Buah} \approx 20 \text{ buah}$$

$$S = \frac{4400}{20} = 220 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D22-200 mm.

4.7.4.2 Penulangan poer arah sumbu Y

$$P_{\max} = 171.32 \text{ ton}$$

$$q = 4.4 \times 1,2 \times 2,4 = 12.67 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 12.67 \text{ ton/m} \times 1,2 = 15.21 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} Mu &= 3 \cdot P_{\max} \cdot a - \frac{1}{2} q_{ux} \cdot L^2 \\ &= (3 \times 171.32 \times 1.1) - (\frac{1}{2} \times 15.21 \times (1.7)^2) \\ &= 538.98 \text{ t.m} \\ &= 5389819154 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d y^2} = \frac{5389819154}{0.9 \cdot 4400 \cdot 1086.5^2} = 1.153$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{12.353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.353 \times 1.153}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.00279$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.00279$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho b d = 0.00279 \times 4400 \times 1086.5 = 13353.99 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{13353.99}{0.25 \pi \times 29^2} = 20.23 \text{ Buah} \approx 21 \text{ buah}$$

$$S = \frac{4400}{21} = 209.52 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai D29-200

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$As = \frac{1}{2} \times 0.00279 \times 4400 \times 1086.5 = 6676.99 \text{ mm}^2$$

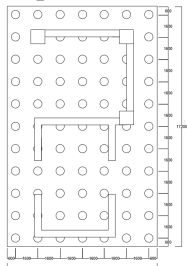
Digunakan Tulangan D22 ($As = 380,133 \text{ mm}^2$)

$$N = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{6676.99}{0.25 \pi \times 22^2} = 17.56 \text{ Buah} \approx 20 \text{ buah}$$

$$S = \frac{4400}{20} = 220 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

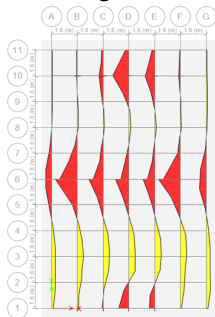
Sehingga digunakan tulangan lentur D22-200 mm.

4.7.4.3 Penulangan poer tipe 2 arah sumbu X

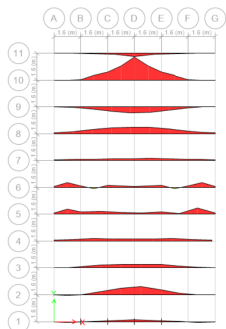


Gambar 4. 83 Poer tipe 2

Pada perhitungan momen pada *poer* tipe 2 digunakan program bantu ETABS dimana momen-momen yang dihasilkan sesuai dengan gambar 4.90 dan gambar 4.91



Gambar 4. 84 Momen Penulangan Arah Y Poer Tipe 2



Gambar 4. 85 Momen Penulangan Arah X Poer Tipe 2

P_{\max} = 196.73 ton

$$Mu = 2814.12$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{28141200000}{0,9.4400.1115,5^2} = 2.33$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12.353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.353 \times 2.33}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.00574$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.00574$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,00574 \times 10800 \times 1115,5 = 69193.84 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{69193.84}{0,25 \times \pi \times 29^2} = 104.81 \approx 105 \text{ buah}$$

$$S = \frac{10800}{105} = 102.86 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai D29-100

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$As = \frac{1}{2} \times 0,00265 \times 10800 \times 1115,5 = 34596.92 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 ($As = 380,133 \text{ mm}^2$)

$$N = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{34596.92}{0,25 \times \pi \times 22^2} = 91.013 \text{ Buah} \approx 92 \text{ buah}$$

$$S = \frac{10800}{92} = 186.96 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D22-150 mm.

4.7.4.4 Penulangan poer arah sumbu Y

$$P_{\max} = 196.73 \text{ ton}$$

$$Mu = 1986.03$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d y^2} = \frac{19860300000}{0,9.17200.1086,5^2} = 1.087$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12.353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.353 \times 1.087}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.00263$$

$$\rho \text{ pakai} = 0.00263$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,00263 \times 17200 \times 1086,5 = 49156.16 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{49156.16}{0,25\pi \times 29^2} = 74.46 \text{ Buah} \approx 80 \text{ buah}$$

$$S = \frac{17200}{80} = 215 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai D29-200

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$As = \frac{1}{2} \times 0,00279 \times 17200 \times 1086,5 = 24578.08 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 ($As = 380,133 \text{ mm}^2$)

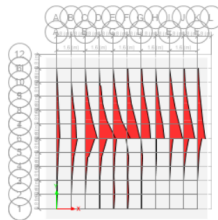
$$N = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{24578.08}{0,25\pi \times 22^2} = 64.66 \text{ Buah} \approx 70 \text{ buah}$$

$$S = \frac{17200}{70} = 245.71 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

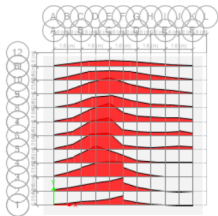
Sehingga digunakan tulangan lentur D22-200 mm.

4.7.4.5 Penulangan *poer* tipe 3

Pada perhitungan momen untuk penulangan *poer* tipe 3 digunakan program bantu ETABS dimana menghasilkan grafik momen seperti gambar 4.92 dan gambar 4.93



Gambar 4. 86 Momen Penulangan Arah Y Poer Tipe 3



Gambar 4. 87 Momen Penulangan Arah X Poer Tipe 3

Tabel 4. 106 Rekapitulasi Penulangan Poer

Tipe Pile Cap	Pu Kolom (t)	Pu pile (t)	Kontrol Geser Poer Akibat Kolom				Akibat Tiang Pancang				Penulangan Poer			
			Vc 1 (n)	Vc 2 (n)	Vc 3 (n)	Kontrol	Vc 1 (n)	Vc 2 (n)	Vc 3 (n)	Kontrol	Arah X		Arah Y	
											Tarik	Tekan	Tarik	Tekan
Tipe 1	908.91	229.5	30446878	36038224	19880020	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D29-200	D22-200	D29-200	D22-200
Tipe 2	13233.2	229.5	294768380	122072282	192466413	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D29-100	D22-150	D29-200	D22-200
Tipe 3	7745.88	229.5	175672226	83307651	114703630	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D32-150	D22-150	D32-80	d25-100

4.7.5 Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur balok sloof berfungsi agar penurunan yang terjadi pada pondasi (pilecap) bergerak bersama-sama, dengan kata lain balok sloof merupakan pengaku yang menghubungkan antar pondasi (pilecap). Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data perencanaannya sebagai berikut :

Dimensi sloof = 450×650 mm

Mutu beton (f_c) = 40 MPa

Mutu baja (f_y) = 420 Mpa

Tulangan utama = D22

Tulangan sengkang = $\emptyset 13$

Selimut beton = 40 mm

Bentang = 8 m

Gaya aksial kolom = 132331.70 kN

P_U sloof = $10\% \times 132331.70 = 13233.17$ kN = 13233170 N

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diporoposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450

$$\frac{l}{20} = \frac{8000}{20} = 400 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 450 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

4.7.5.1 Penulangan lentur sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

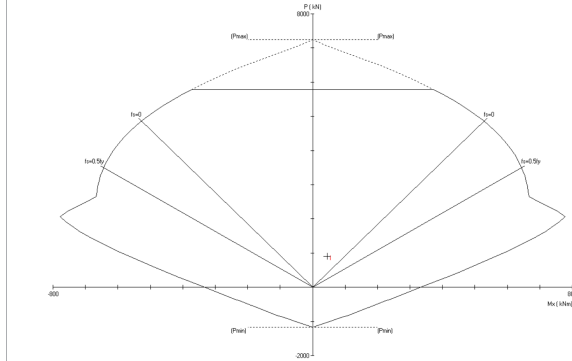
Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_d = 0,45 \times 0,65 \times 2400 = 702 \text{ kg/m}$$

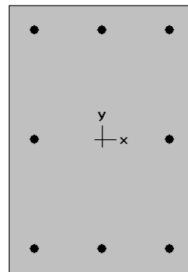
$$q_u = 1,2 \times 702 = 842,4 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M_{u \text{ tumpuan}} &= \frac{1}{12} \times q_u \times l^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 842,4 \times 8^2 \\ &= 4492,8 \text{ kgm} = 44.928 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$Pu_{\text{ Sloof}} = 908.91 \text{ kN}$$



Gambar 4. 88 Diagram Interaksi Sloof



450 x 650 mm
1.06% reinf.

Gambar 4. 89 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn

Dari analisis spColumn didapat :

$$\rho = 0,0106$$

Dipasang tulangan = 8 D22 ($A_s = 3096 \text{ mm}^2$)

- Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

2 x selimut beton (c = 40 mm)	= 2 x 40 = 100 mm
2 x sengkang (Ø = 13 mm)	= 2 x 13 = 26 mm
3 x D22	= 3 x 22 = 66 mm
2 kali jarak antara 25 mm	= <u>2 x 25 = 50 mm</u>
Total	= 222 mm

Total lebar < Lebar balok 450 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

4.7.5.2 Penulangan geser sloof

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$A_g = 450 \times 650 = 292500 \text{ mm}^2$$

$$d = 650 - 40 - 13 - 22/2 = 586 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{908910.04}{14. 292500} \right) 1 \sqrt{40} \times 450 \times 586$$

$$V_c = 346453.25 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 346453.25 = 259839.93 \text{ N} = 25983.99 \text{ kg}$$

$$V_u = 90891.004 \text{ kg}$$

$$\phi V_c < V_u$$

$$25983.99 \text{ kg} < 90891.004 \text{ kg} \text{ (perlu tulangan geser)}$$

$$V_s = \frac{V_u}{0.75} = \frac{90891.004}{0.75} = 121188.005 \text{ Kg}$$

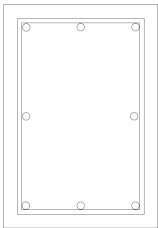
$$S = \frac{V_s \times f_y \times d}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{121188.005 \times 420 \times 586}{265.33} = 538.86 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $\frac{d}{2} = \frac{586}{2} = 293 \text{ mm}$

- $s = 300 \text{ mm}$

Dipasang sengkang 2D13 – 250 mm.



Gambar 4. 90 Penulangan Sloof

BAB V

RINGKASAN DAN SARAN

5.1 Ringkasan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Desain Ibis Style Hotek Tanah Abang dengan Menggunakan Metode *Flat slab* ini dapat diambil beberapa ringkasan, diantaranya sebagai berikut:

1. Desain gedung ini memiliki dimensi struktur baik struktur sekunder maupun struktur utama ialah sebagai berikut:

Struktur Sekunder:

- Tangga Dengan Tinggi 3.8 m :
 - Pelat Tangga : 22 cm
 - Tinggi Injakan : 19 cm
 - Lebar Injakan : 27 cm
 - Panjang Bordes : 300 cm
 - Lebar Bordes : 140 cm
- Tangga Dengan Tinggi 5.5 m :
 - Pelat Tangga : 22 cm
 - Tinggi Injakan : 19 cm
 - Lebar Injakan : 27 cm
 - Panjang Bordes : 320 cm
 - Lebar Bordes : 140 cm
- Tangga Dengan Tinggi 4 m :
 - Pelat Tangga : 22 cm
 - Tinggi Injakan : 19 cm
 - Lebar Injakan : 27 cm
 - Panjang Bordes : 320 cm
 - Lebar Bordes : 140 cm
- Tangga Dengan Tinggi 4.5 m :
 - Pelat Tangga : 22 cm
 - Tinggi Injakan : 19 cm
 - Lebar Injakan : 27 cm
 - Panjang Bordes : 320 cm
 - Lebar Bordes : 140 cm

- Tangga Dengan Tinggi 3.2 m :
 - Pelat Tangga : 22 cm
 - Tinggi Injakan : 19 cm
 - Lebar Injakan : 27 cm
 - Panjang Bordes : 320 cm
 - Lebar Bordes : 140 cm
 - Balok Penggantung *Lift* : WF 350 x 175 x 7 x 11
 - Struktur Utama:
 - Pelat : 300 mm
 - Balok tepi : 40/70 cm
 - Drop panel :
 - Tebal : 100 mm
 - Ukuran : 3000 mm x 3000 mm
 - Kolom:
 - Groundfloor – Lt 3 : 1 m x 1 m ($f'_c = 40$ mpa)
 - Lantai 4- 5 : 1 m x 1 m ($f'_c = 35$ mpa)
 - Lantai 6-19 : 1m x 1 m ($f'_c = 30$ mpa)
 - *Shear wall*
 - Arah x : 50 cm
 - Arah y : 50 cm
 - Pondasi:
 - Pile Cap Tipe 1 : 4.4 x 4.4x1.2 m
 - Pile Cap Tipe 2 : 10.8x17.2x1.2 m
 - Pile Cap Tipe 3 : 9.2 x 9.2 x 1.2 m
 - Total Tiang Pancang: (*Prestressed Concrete Spun Piles* oleh PT. Wijaya Karya Beton) adalah 381 tiang.
 - Pile Cap Tipe 1 : 9 buah
 - Pile Cap Tipe 2 : 77 buah
 - Pile Cap Tipe 3 : 49 buah
2. Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS.
 3. Penggunaan sistem *Flat slab* efisien terhadap waktu dalam pelaksanaannya karena tidak memerlukan bekisting balok dan tulangan pelat dapat menggunakan tulangan fabrikasi.

4. Perhitungan gaya gempa pada Desain Gedung Ibis Style Hotel Tanah Abang menggunakan Response spectrum di daerah Bekasi, sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012.
5. Desain struktur beton bertulang menggunakan peraturan SNI 2847:2013, dengan sistem gedung yang digunakan adalah Sistem Rangka Gedung.
6. Pondasi direncanakan dengan pondasi dalam tiang pancang sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan menerima beban melalui poer.
7. Hasil analisa struktur telah dilakukan pada Desain Ibis *Style Hotel* dituangkan pada gambar teknik pada lampiran.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir ini diantaranya:

1. Desain gedung yang dilakukan harus pada zona gempa yang sebenarnya agar ketepatan perhitungan dalam Desain lebih efisien dan efektif.
2. Data tanah yang dimiliki sebaiknya di 3 titik per lokasi agar Desain bisa lebih efektif.
3. Pada Desain bangunan harus dipikirkan kemudahan dalam aplikasi di lapangan sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik, lancar, dan sesuai dengan Desain.
4. Pengembangan pada teknologi beton pratekan perlu dilakukan peningkatan, agar lebih mudah dalam pengerjaannya, dikarenakan penggunaan pratekan dapat membuat fungsi ruang pada gedung semakin efisien.

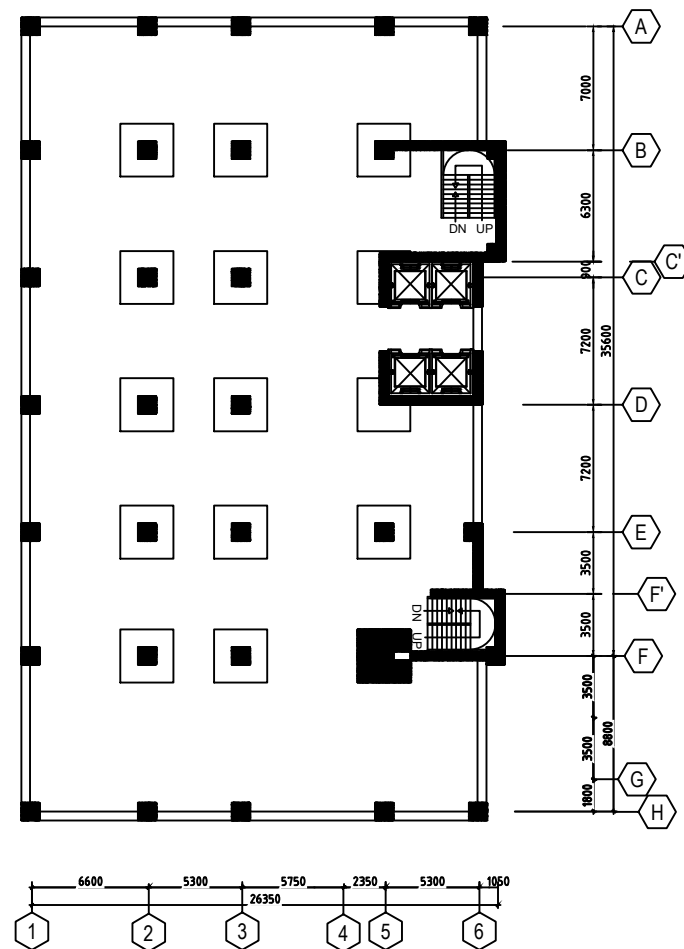
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 2847:2013 Tata Cara Perancangan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Febry Ananda MS, J. T. (2002). “Perencanaan Penulangan Dinding Geser Berdasarkan Tata Cara SNI 2847 2002.” (1), 1–8.
- McCormac, J., and Brown, R. (2014). *Design of Reinforced Concrete*.
- Mohana, H. S., and Kavan, M. R. (2015). “Comparative Study of *Flat slab* and Conventional Slab Structure Using ETABS for Different Earthquake Zones of India.” 1931–1936.
- More, R. S., and Sawant, V. S. (2015). “Analysis of *Flat slab*.” 4(7), 2013–2016.
- Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., and Abulyatama, U. (2015). “Perilaku Punching Shear Pada Hubungan Kolom Bulat Dengan *Flat slab* Akibat Beban Tekan Aksial.” 1(1), 1–14.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN



DENAH LANTAI 1

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Denah Lantai 1

Skala

1 : 300

No. Lembar

1

Jml. Lembar

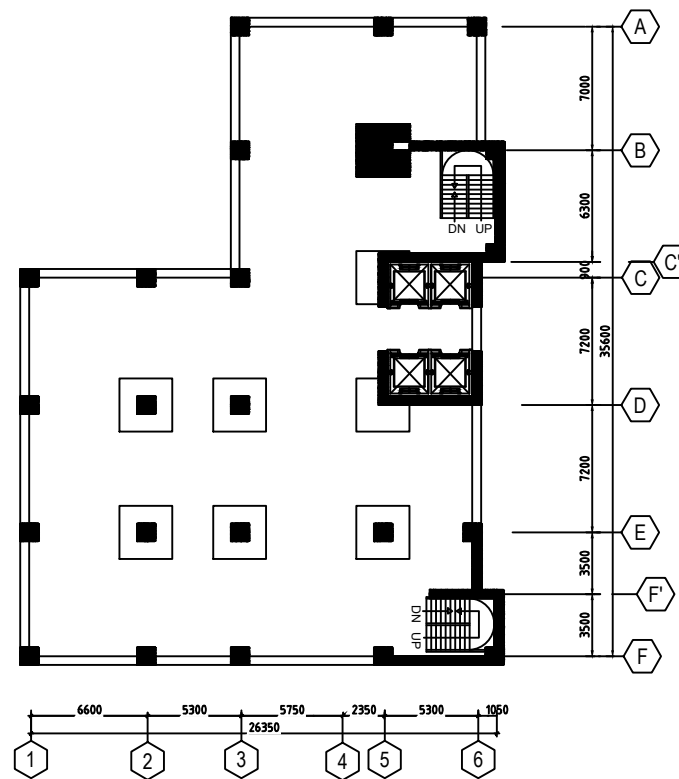
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

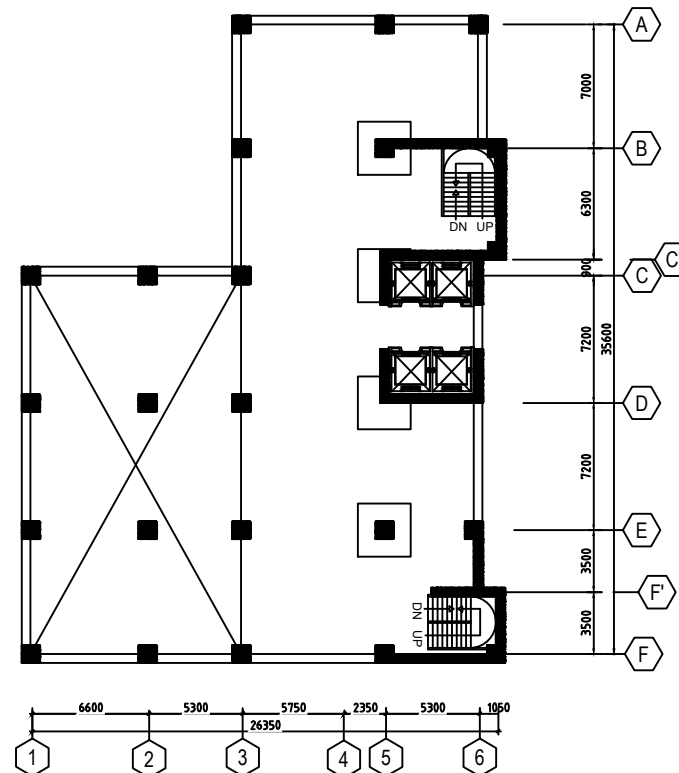
Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138

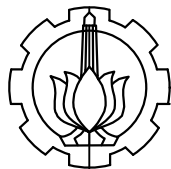


DENAH LANTAI 2 & 4
SKALA 1 : 300

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir RC14-1501	Denah lantai 2&4	1 : 300	2	47	Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T.,M.T	Gregorius Audimas 03111440000138



 **DENAH LANTAI 3**
SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Denah Lantai
3

Skala

1 : 300

No. Lembar

3

Jml. Lembar

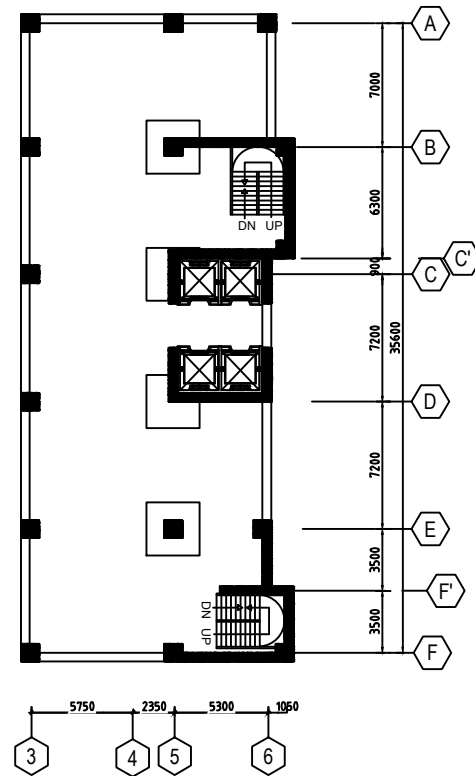
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

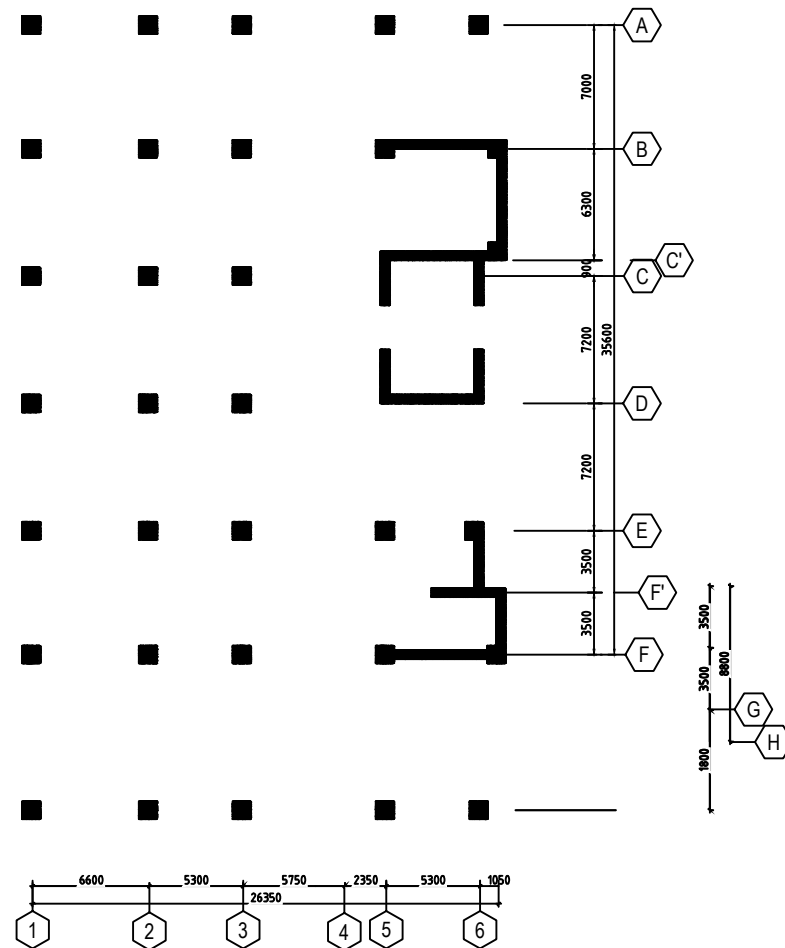
Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



DENAH LANTAI 5-19
SKALA 1 : 300

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir RC14-1501	Denah Lantai 5-19	1 : 300	4	47	Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T.,M.T	Gregorius Audimas 03111440000138



DENAH KOLOM & SHEAR WALL LT 1

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Denah Kolom &
Shearwall Lt 1

Skala

1 : 300

No. Lembar

5

Jml. Lembar

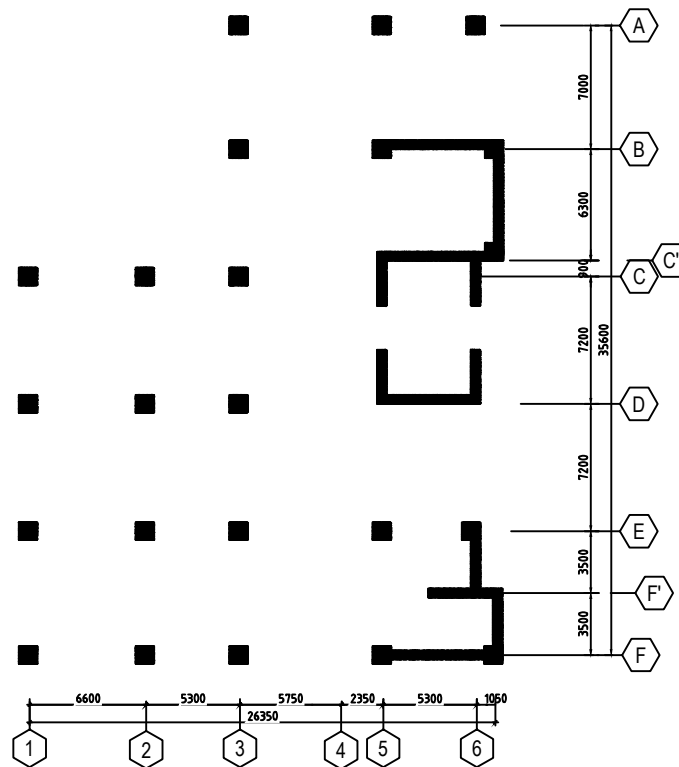
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



DENAH KOLOM & SHEAR WALL LT 2-4

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Denah Kolom &
Shearwall Lt 2-4

Skala

1 : 300

No. Lembar

6

Jml. Lembar

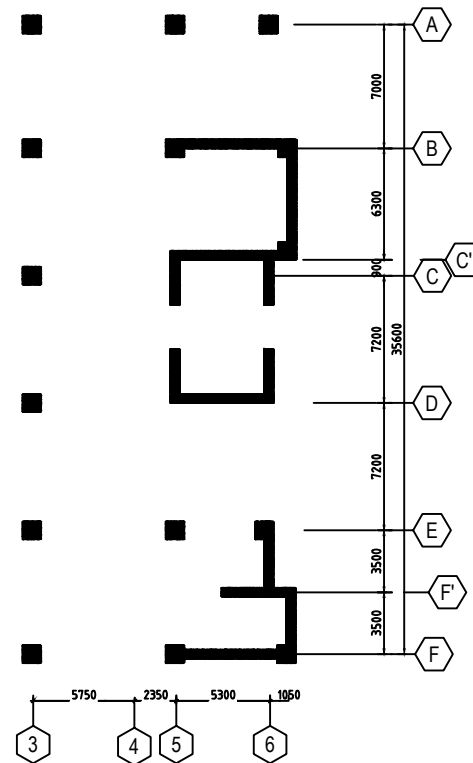
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



DENAH KOLOM & SHEAR WALL LT 5-19

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Denah Kolom &
Shearwall Lt 5-19

Skala

1 : 300

No. Lembar

7

Jml. Lembar

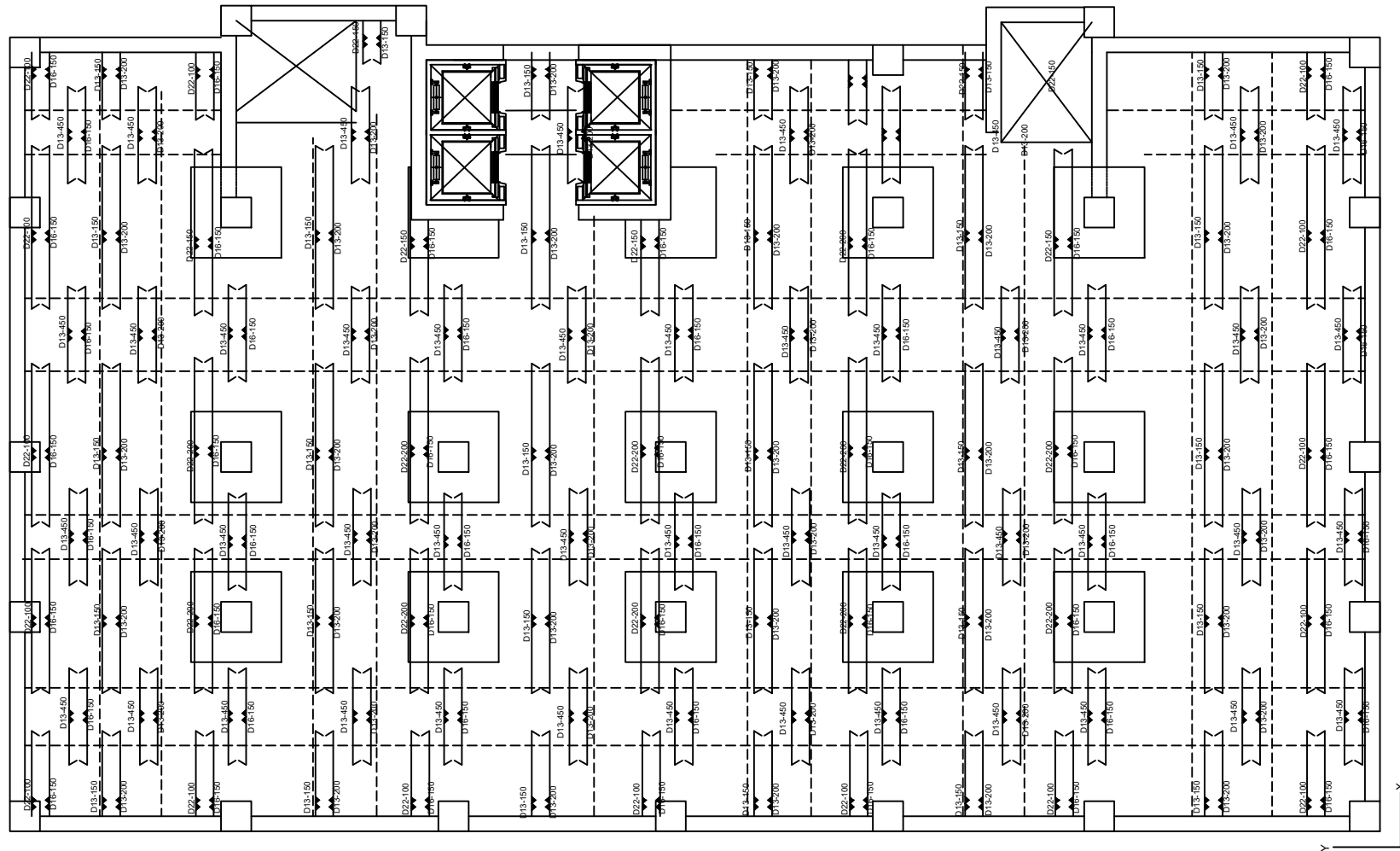
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



DENAH PENULANGAN PELAT ARAH X

SKALA 1 : 150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Denah Penulangan
Pelat Arah X

Skala

1 : 150

No. Lembar

8

Jml. Lembar

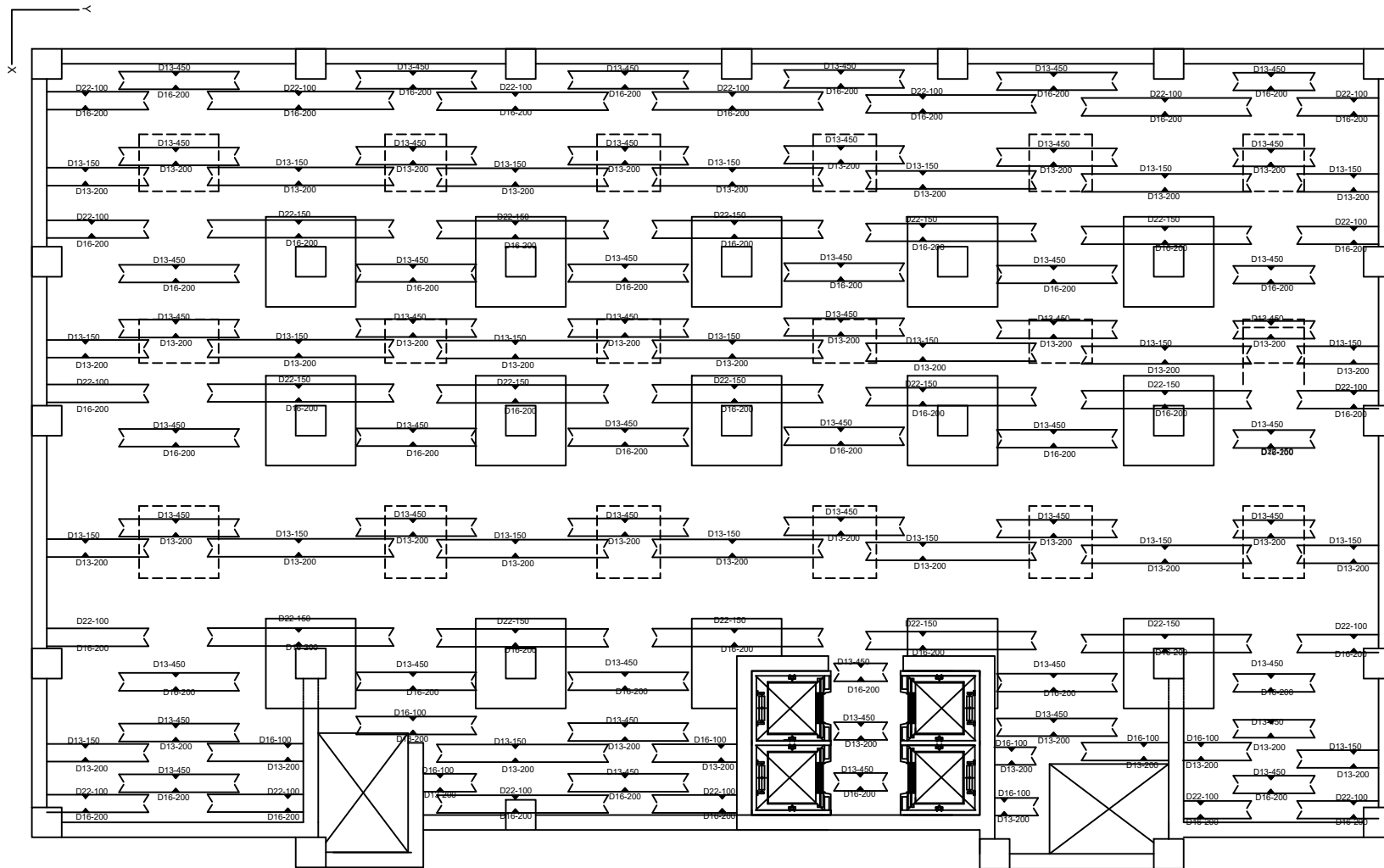
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



DENAH PENULANGAN PELAT ARAH Y

SKALA 1 : 150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Denah Penulangan
Pelat arah Y

Skala

1 : 150

No. Lembar

9

Jml. Lembar

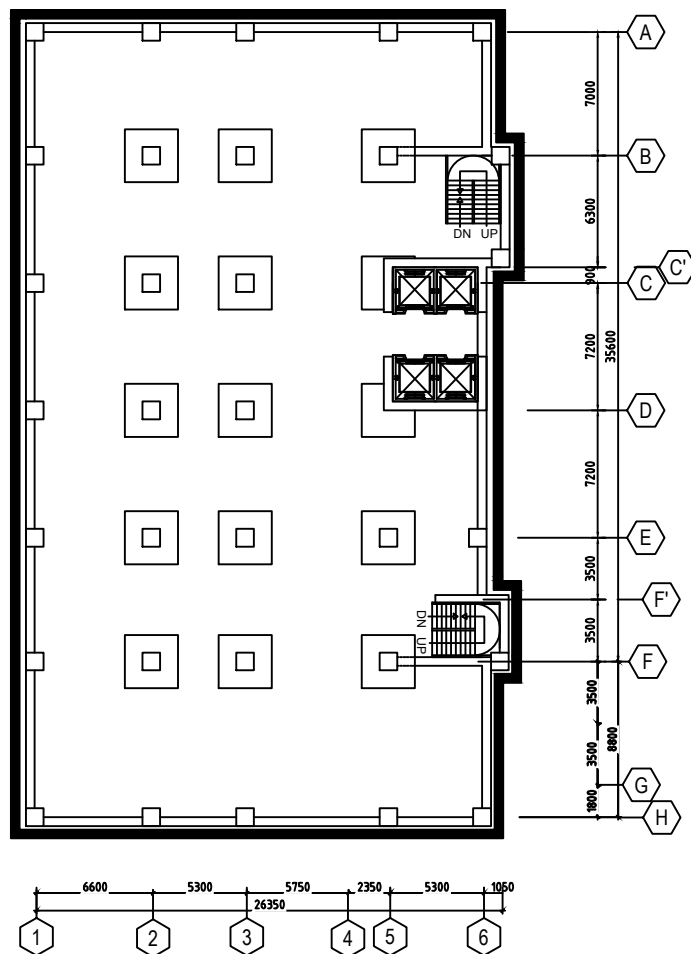
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



DENAH DINDING PENAHAN TANAH

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Denah Dinding
Penahan Tanah

Skala

1 : 300

No. Lembar

10

Jml. Lembar

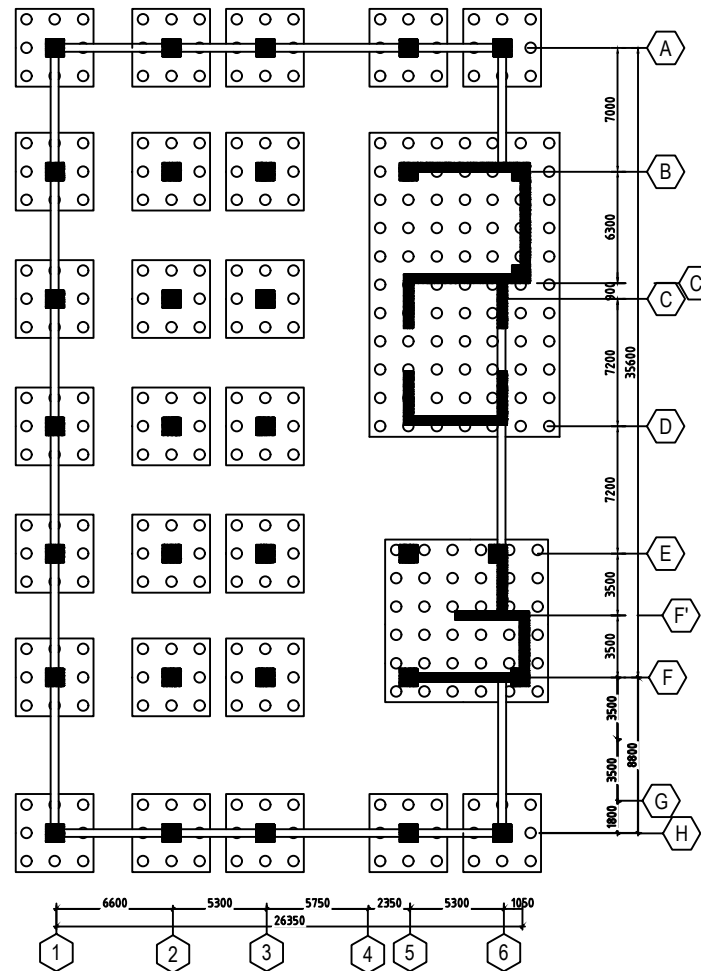
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

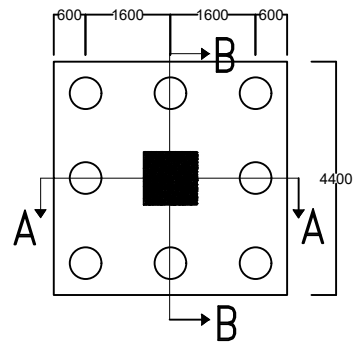
Gregorius Audimas
03111440000138



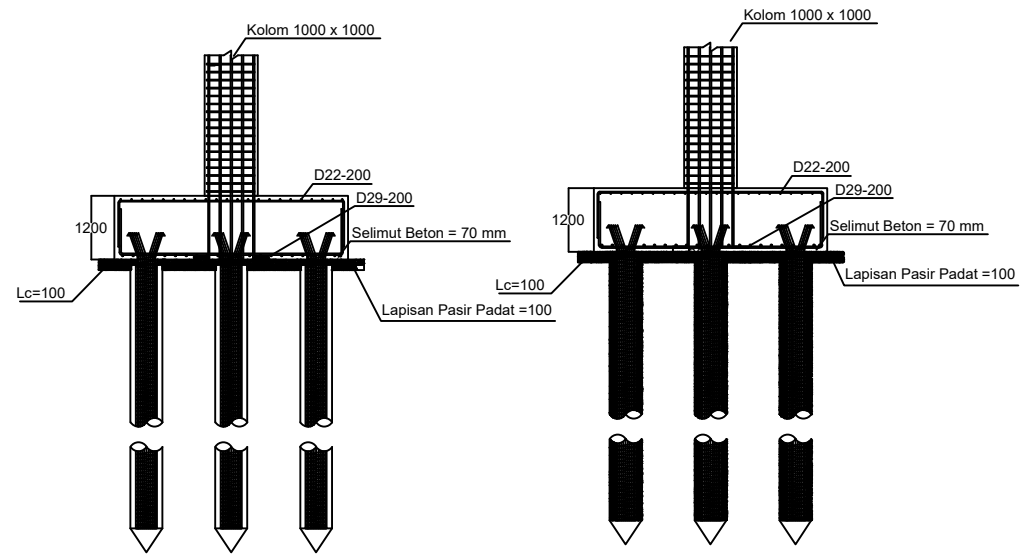
DENAH PONDASI
SKALA 1 : 300

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir RC14-1501	Denah Pondasi	1 : 300	11	47	Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T.,M.T	Gregorius Audimas 03111440000138

Keyplan



POER TIPE 1
SKALA 1 : 100



 **POTONGAN A-A**
SKALA 1 : 100

 **POTONGAN B-B**
SKALA 1 : 100

Type Pile Kap	Pu Kolom (t)	Pu pile (t)	Kontrol Geser Poer Akibat Kolom				Akibat Tiang Pancang				Penulangan Poer			
			Vc 1(n)	Vc 2 (n)	Vc 3 (n)	Kontrol	Vc 1(n)	Vc 2 (n)	Vc 3 (n)	Kontrol	Arah X		Arah Y	
											Tarik	Tekan	Tarik	Tekan
Type 1	908.91	229.5	30446878	36038224	19880020	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D29-200	D22-200	D29-200	D22-200
Type 2	12333.2	229.5	294768380	122072282	192466413	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D29-100	D22-250	D29-200	D22-200
Type 3	7745.88	229.5	175672226	83076751	114703630	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D32-150	D22-150	D32-80	d25-100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Poer Tipe 1

Skala

1 : 100

No. Lembar

43

Jml. Lembar

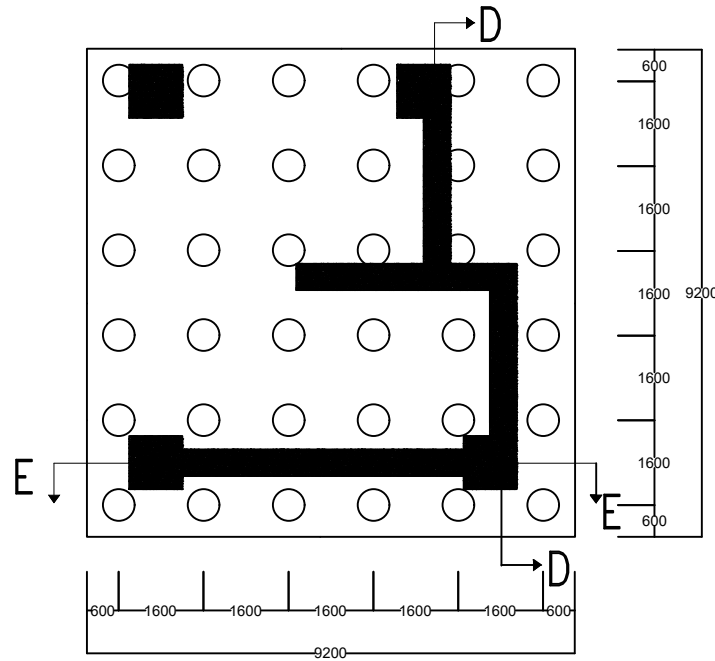
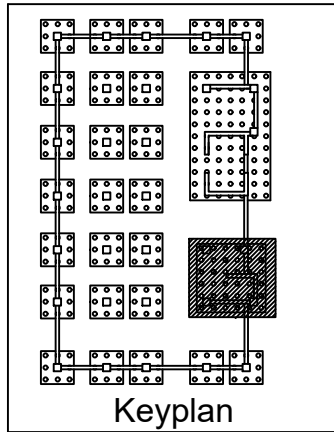
47

Dosen Konsultasi


Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

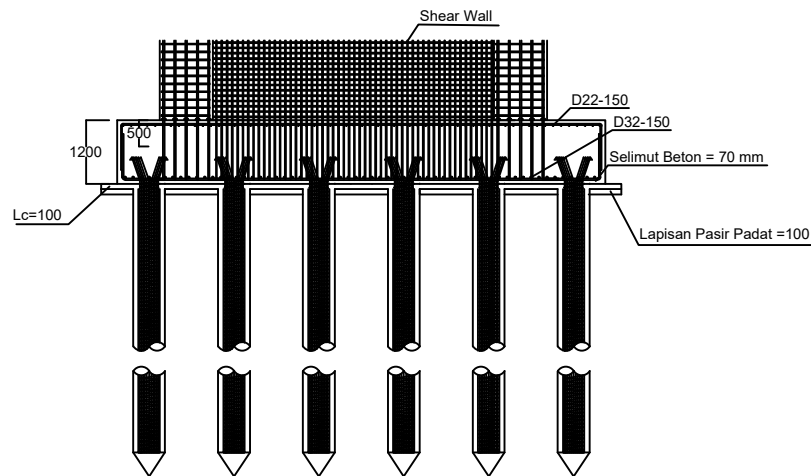
Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138

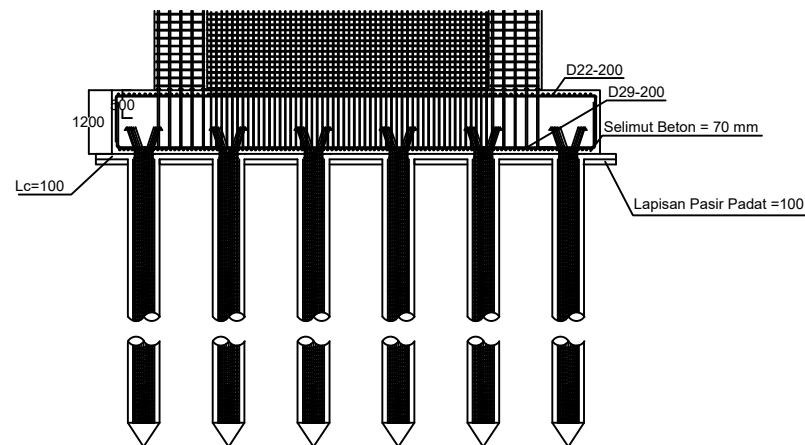


 **POER TIPE 3**
SKALA 1 : 100

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
		Tugas Akhir RC14-1501	Poer Tipe 3	1 : 100	44	47	Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T.,M.T	Gregorius Audimas 03111440000138



POTONGAN D-D
SKALA 1 : 100



POTONGAN E-E
SKALA 1 : 100

Tipe Pile Cap	Pu Kolom (t)	Pu pile (t)	Kontrol Geser Poer Akibat Kolom				Akibat Tiang Pancang				Penulangan Poer			
			Vc 1 (n)	Vc 2 (n)	Vc 3 (n)	Kontrol	Vc 1 (n)	Vc 2 (n)	Vc 3 (n)	Kontrol	Arah X		Arah Y	
Tipe 1	908.91	229.5	30446878	36038224	19880020	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D29-200	D22-200	D29-200	D22-200
Tipe 2	13233.2	229.5	294768380	122072282	192466413	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D29-100	D22-250	D29-200	D22-200
Tipe 3	7745.88	229.5	175672226	83307651	114703630	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D32-150	D22-150	D32-80	d25-100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Poer Tipe 3

Skala

1 : 100

No. Lembar

45

Jml. Lembar

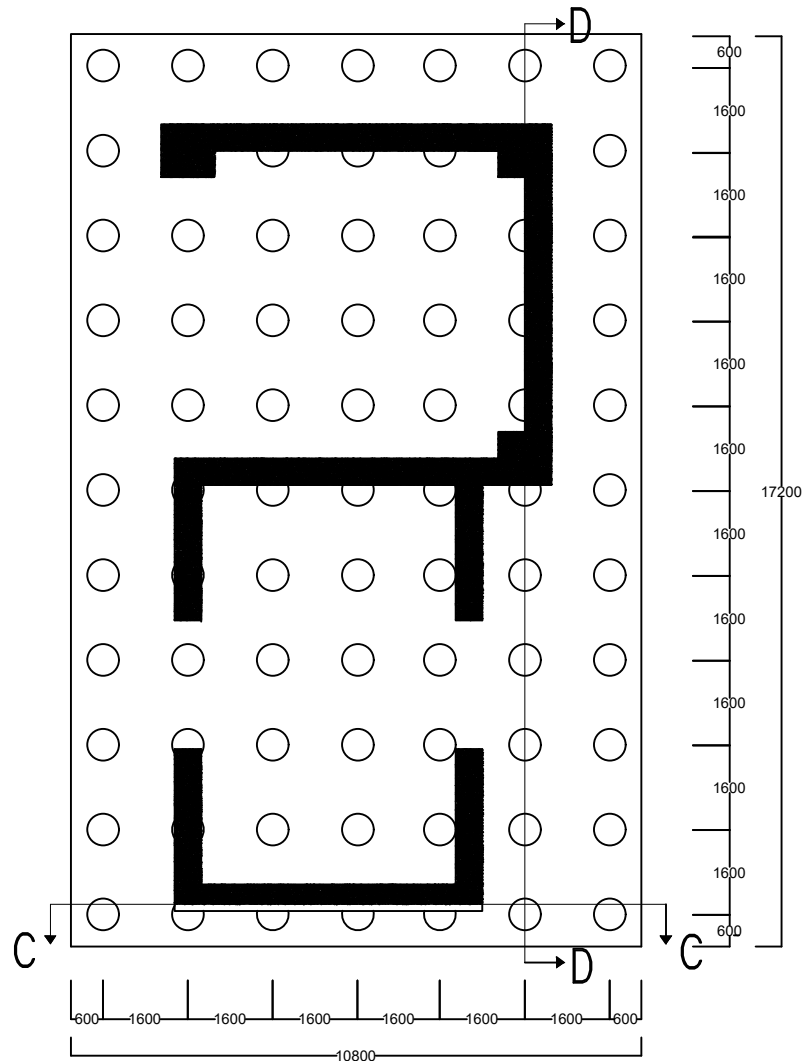
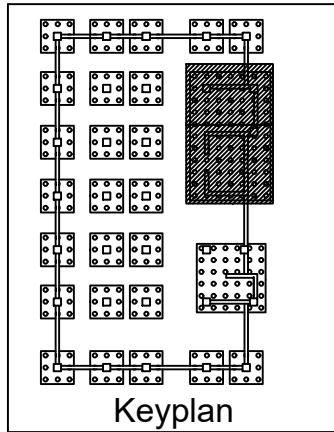
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Poer Tipe 2

Skala

1 : 100

No. Lembar

46

Jml. Lembar

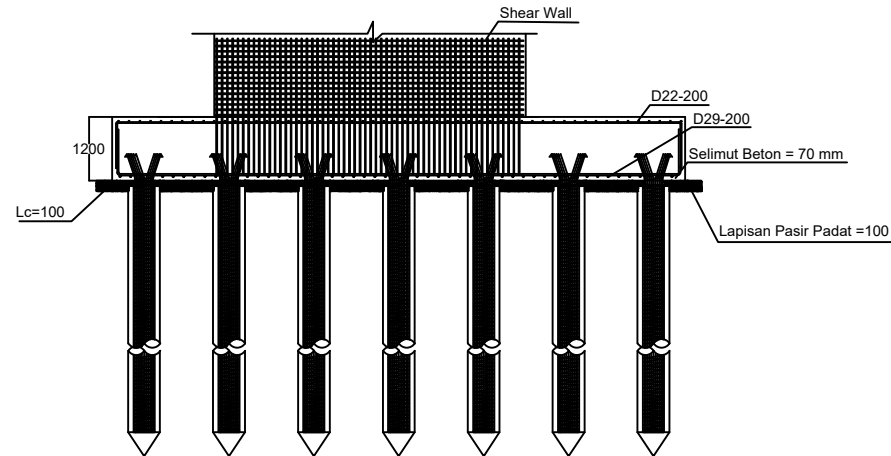
47

Dosen Konsultasi

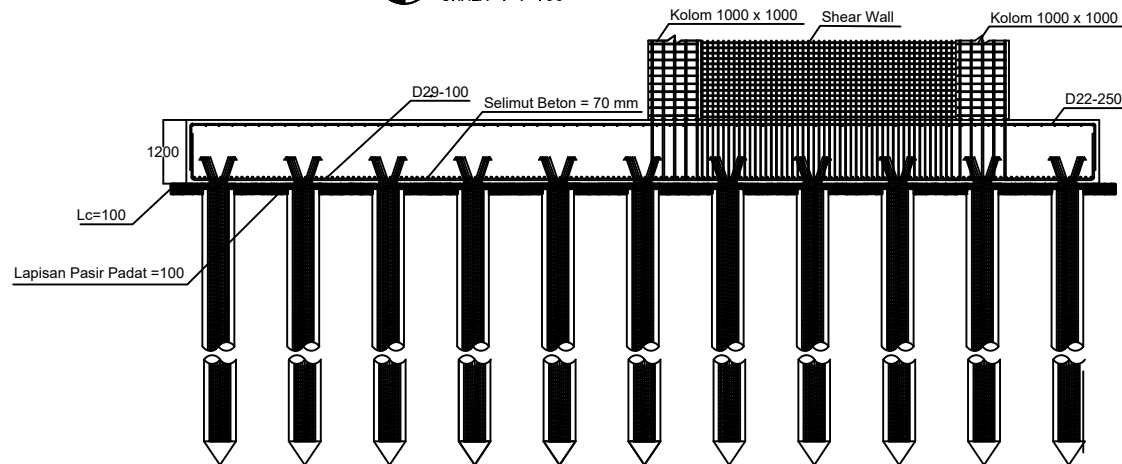
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



POTONGAN C-C
SKALA 1 : 100



POTONGAN D-D
SKALA 1 : 100

Tipe Pile Cap	Pu Kolom (t)	Pu pile (t)	Kontrol Geser Poer Akibat Kolom				Akibat Tiang Pancang				Penulangan Poer			
			Vc 1 (n)	Vc 2 (n)	Vc 3 (n)	Kontrol	Ve 1 (n)	Ve 2 (n)	Ve 3 (n)	Kontrol	Arah X		Arah Y	
											Tarik	Tekan	Tarik	Tekan
Tipe 1	908.91	229.5	30446878	36038224	19880020	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D29-200	D22-200	D29-200	D22-200
Tipe 2	13233.2	229.5	294768380	122072282	192466413	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D29-100	D22-250	D29-200	D22-200
Tipe 3	7745.88	229.5	175672226	83307651	114703630	Ok	4847863	27705995.8	3165369	OK	D32-150	D22-150	D32-80	d25-100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Poer Tipe 2

Skala

1 : 100

No. Lembar

47

Jml. Lembar

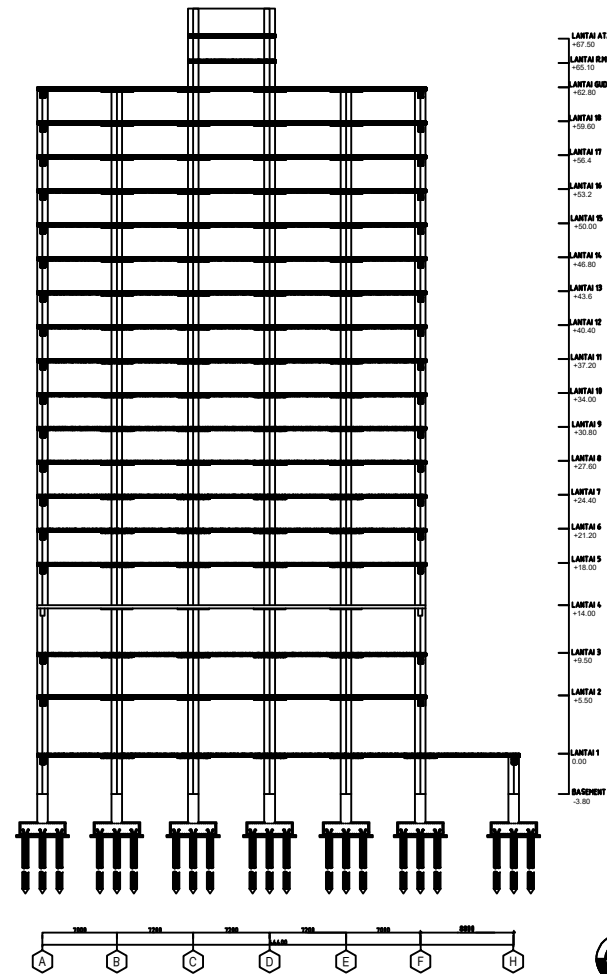
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



POTONGAN MEMANJANG MODIFIKASI
SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Potongan
Memanjang

Skala

1 : 500

No. Lembar

15

Jml. Lembar

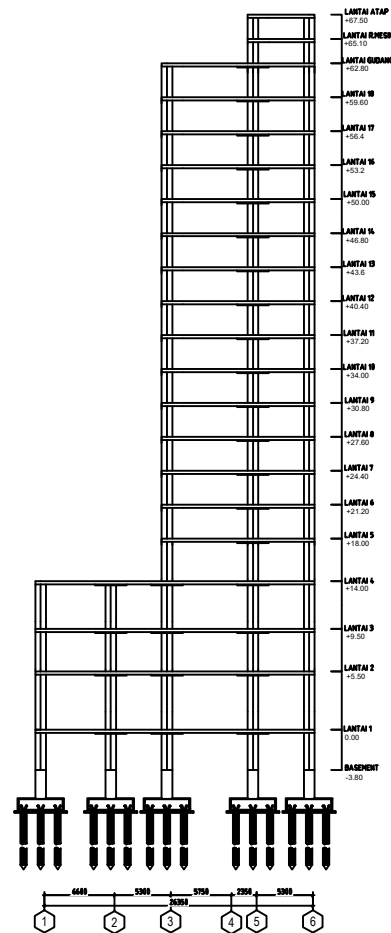
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



POTONGAN MELINTANG MODIFIKASI
SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Potongan
Melintang

Skala

1 : 500

No. Lembar

16

Jml. Lembar

47

Dosen Konsultasi

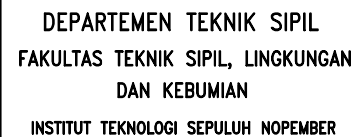
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



SKALA 1 : 500



Tugas Akhir
RC14-1501

Potongan
Memanjang

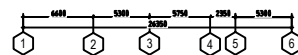
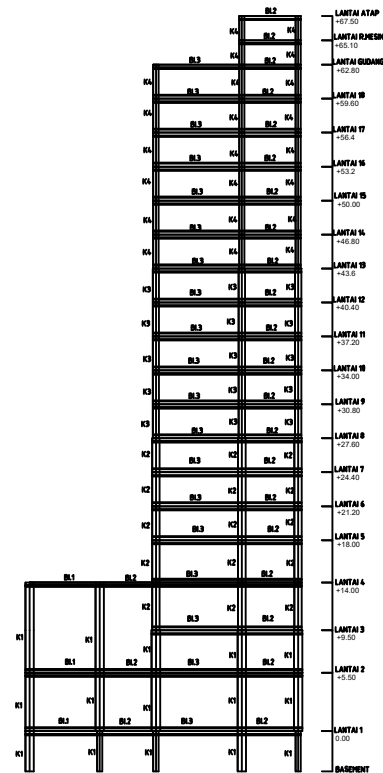
1 : 500

12

47

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Gregorius Audimas
03111440000138



POTONGAN MEMANJANG EKSISTING
SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Potongan
Melintang

Skala

1 : 500

No. Lembar

13

Jml. Lembar

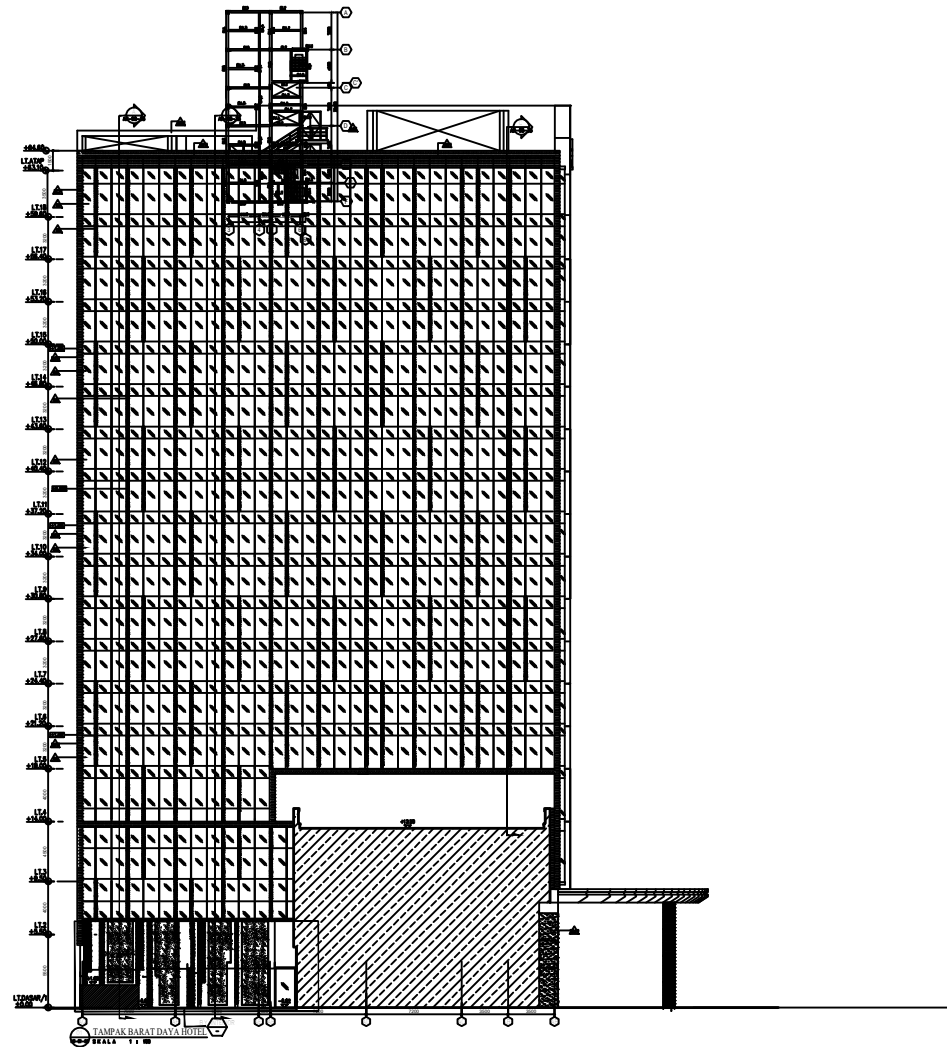
47

Dosen Konsultasi

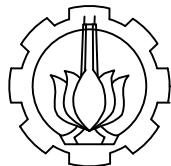
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



POTONGAN MEMANJANG EKSISTING
SKALA 1 : 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Potongan
Memanjang

Skala

1 : 500

No. Lembar

14

Jml. Lembar

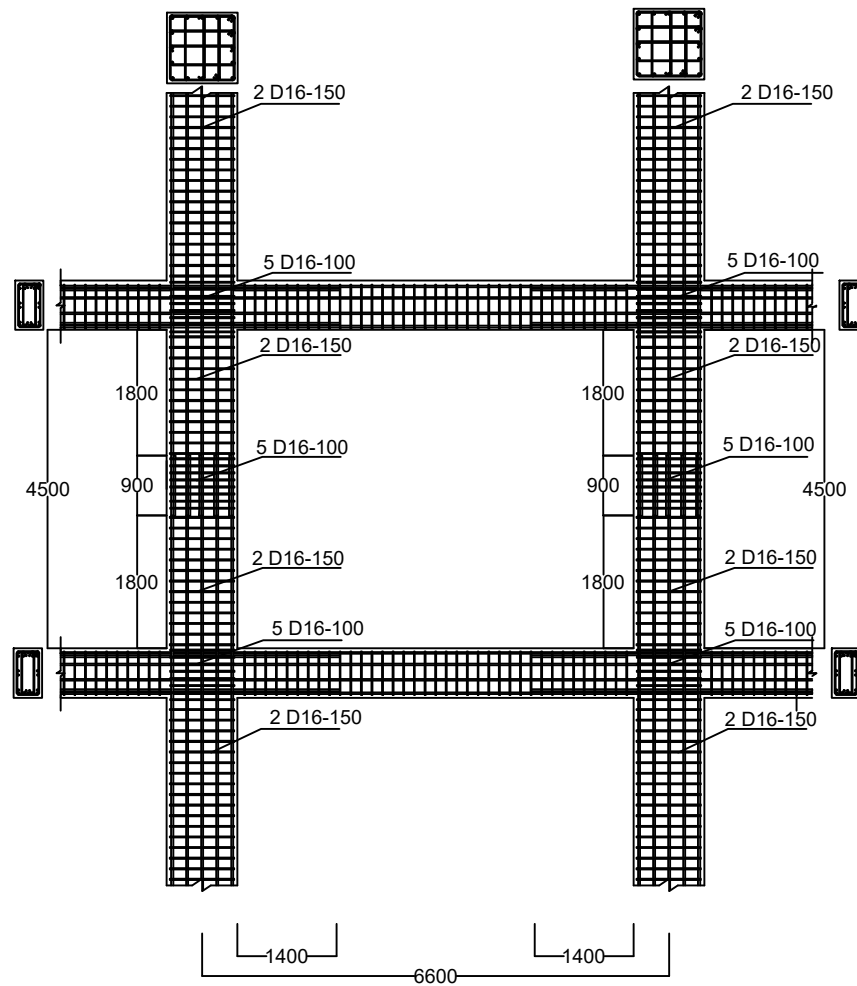
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



PENULANGAN BALOK KOLOM
SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Penulangan
Balok - Kolom

Skala

1 : 75

No. Lembar

37

Jml. Lembar

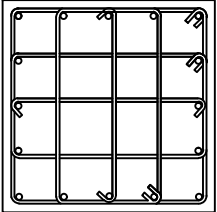
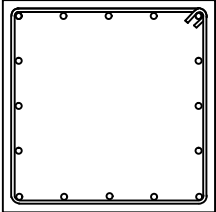
47

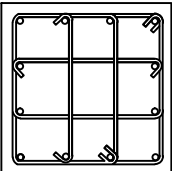
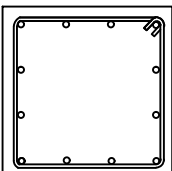
Dosen Konsultasi

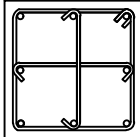
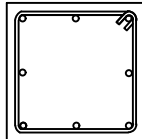
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138

UKURAN	1000 X 1000	UKURAN	1000 X 1000
Sendi Plastis		Diluar Sendi Plastis	
Tulangan Longitudinal	16 D29	Tulangan Longitudinal Atas	16 D29
Tulangan Transversal Sendi Plastis	5 D16 – 100	Tulangan Transversal Luar Sendi Plastis	2 D16 – 150

UKURAN	800 X 800	UKURAN	800 X 800
Sendi Plastis		Diluar Sendi Plastis	
Tulangan Longitudinal	12 D29	Tulangan Longitudinal	12 D29
Tulangan Transversal Sendi Plastis	4 D16 – 100	Tulangan Transversal Luar Sendi Plastis	2 D16 – 150

UKURAN	650 X 650
Sendi Plastis	
Tulangan Longitudinal	8 D29
Tulangan Transversal Luar Sendi Plastis	2 D16 – 150
UKURAN	650 X 650
Diluar Sendi Plastis	
Tulangan Longitudinal	8 D29
Tulangan Transversal Luar Sendi Plastis	2 D16 – 150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Detail
Penulangan
Balok

Skala

1 : 25

No. Lembar

35

Jml. Lembar

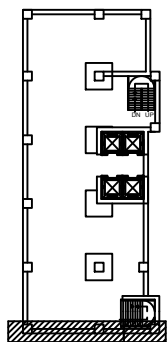
47

Dosen Konsultasi

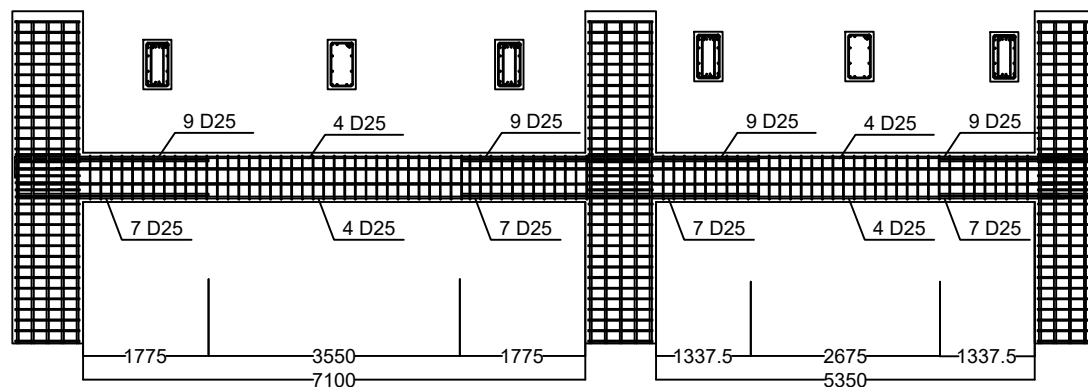
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



Keyplan



 **PENULANGAN BALOK KOLOM**
SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Penulangan
Balok - Kolom

Skala

1 : 75

No. Lembar

38

Jml. Lembar

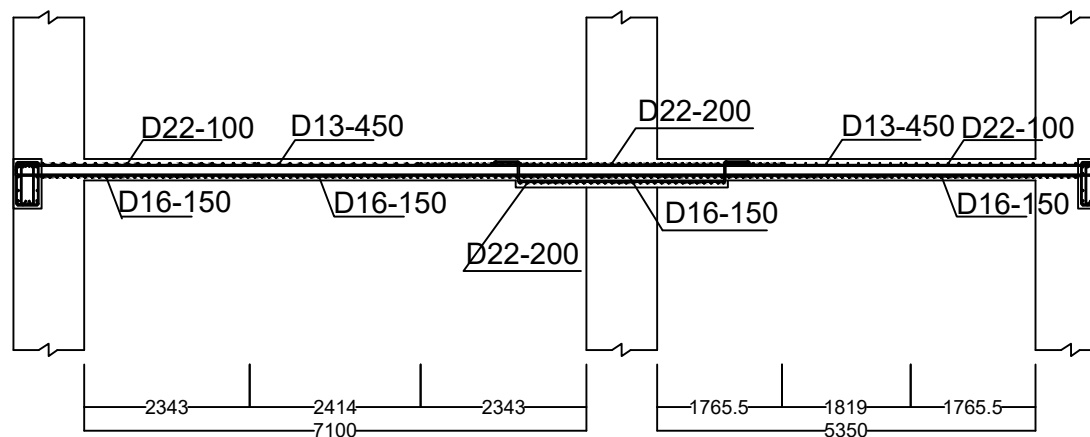
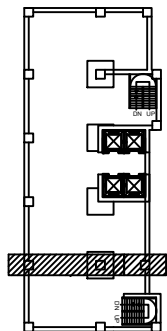
47

Dosen Konsultasi

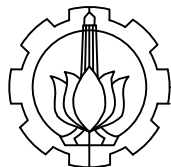
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



 **PENULANGAN PELAT KOLOM**
SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Penulangan
Pelat – Kolom

Skala

1 : 75

No. Lembar

39

Jml. Lembar

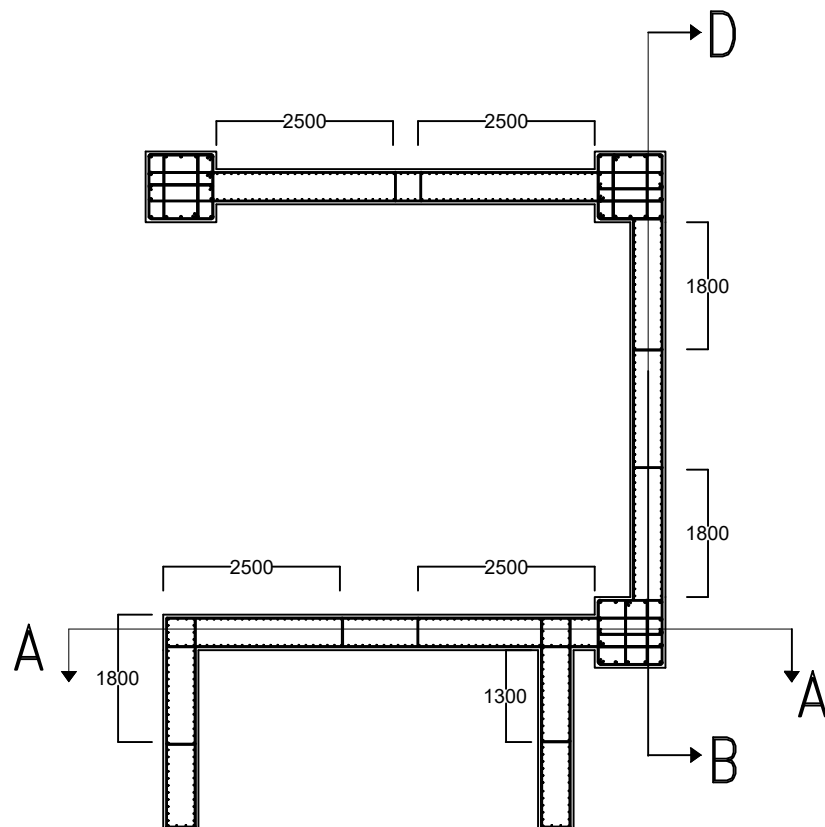
47


Dosen Konsultasi

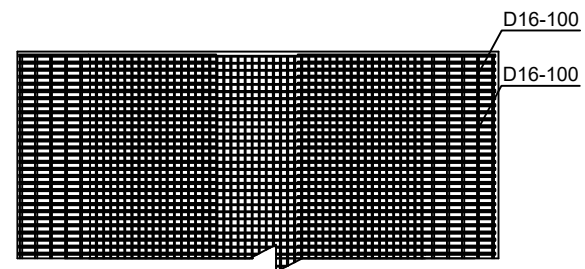
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Pisceca, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

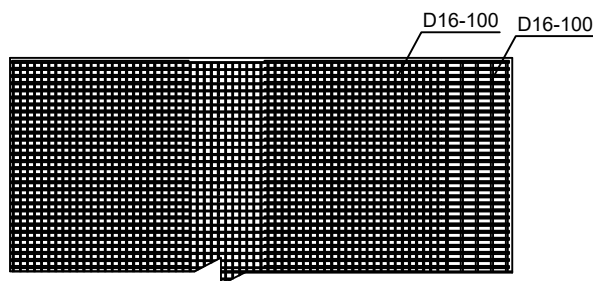
Gregorius Audimas
03111440000138



 **SHEAR WALL TIPE 1**
SKALA 1 : 75



 **POTONGAN B-B**
SKALA 1 : 75



 **POTONGAN A-A**
SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Penulangan
Shear Wall

Skala

1 : 75

No. Lembar

40

Jml. Lembar

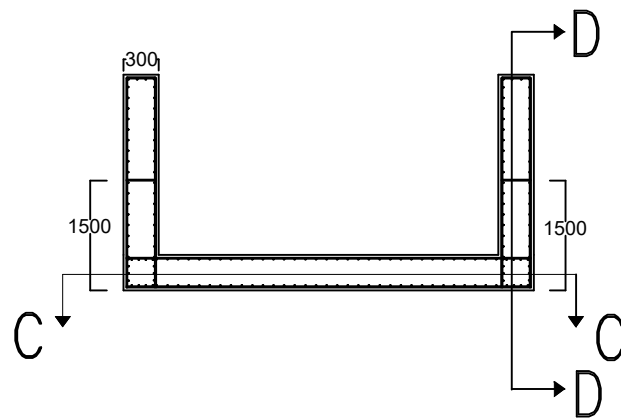
47


Dosen Konsultasi

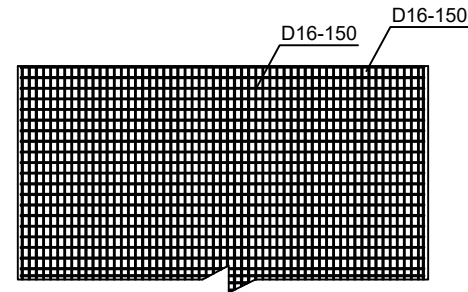
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T

Nama & NRP Mahasiswa

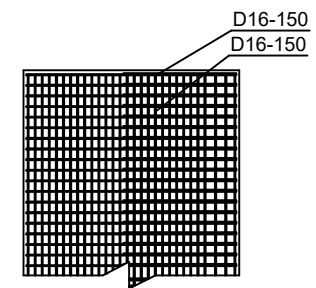
Gregorius Audimas
03111440000138



 **SHEAR WALL TIPE 2**
SKALA 1 : 75



 **POTONGAN C-C**
SKALA 1 : 75



 **POTONGAN D-D**
SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Penulangan
Shear Wall

Skala

1 : 75

No. Lembar

41

Jml. Lembar

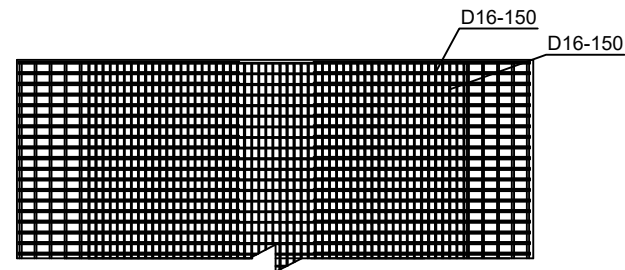
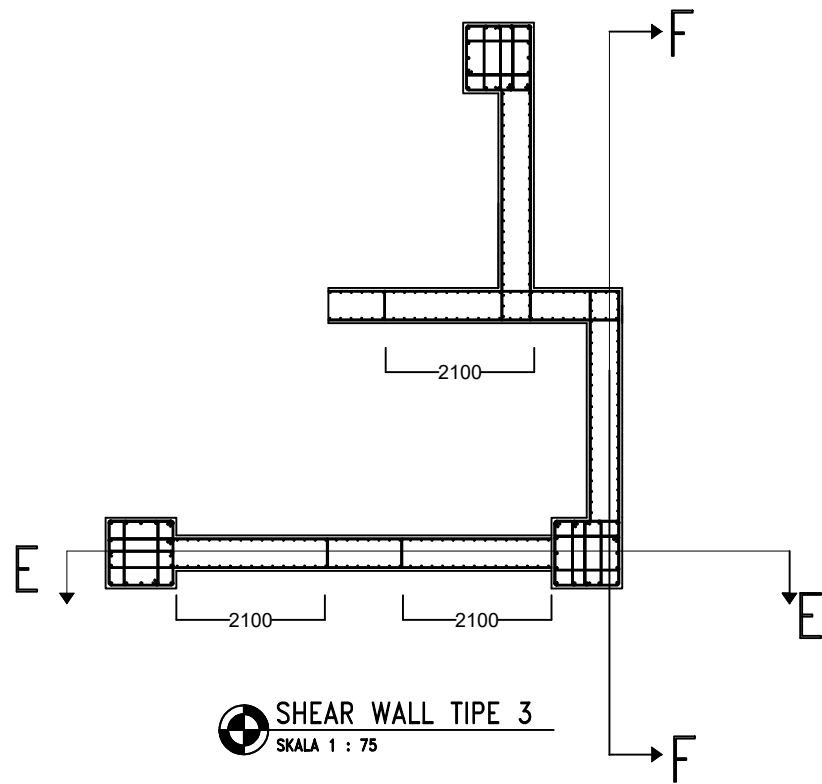
47

Dosen Konsultasi

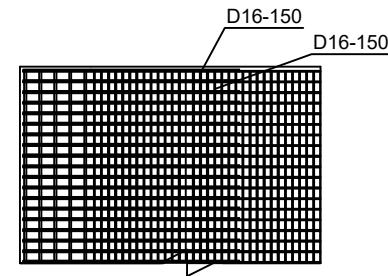
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

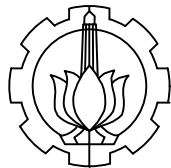
Gregorius Audimas
03111440000138



POTONGAN E-E
SKALA 1 : 75



POTONGAN F-F
SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Penulangan
Shear Wall

Skala

1 : 75

No. Lembar

42

Jml. Lembar

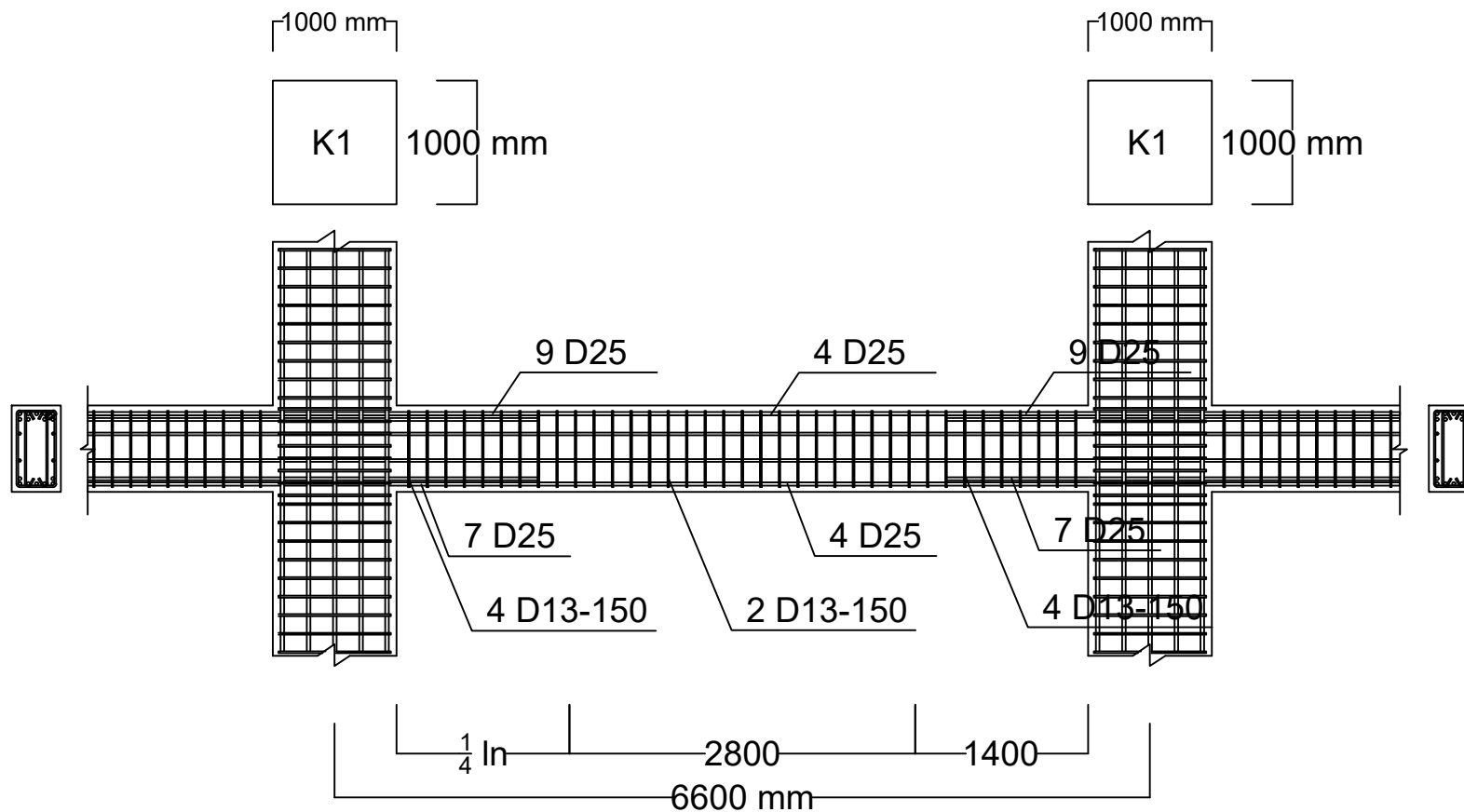
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



PENULANGAN BALOK TEPI

SKALA 1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Detail
Penulangan
Balok Tepi

Skala

1 : 40

No. Lembar

34

Jml. Lembar

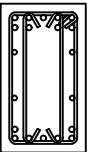
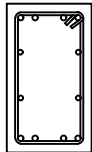
47

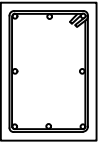
Dosen Konsultasi

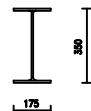
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

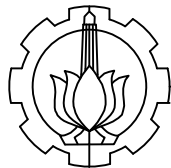
Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138

UKURAN	400 X 700	UKURAN	400 X 700
Tumpuan		Lapangan	
Tulangan Longitudinal Atas	9 D25	Tulangan Longitudinal Atas	4 D25
Tulangan Longitudinal Bawah	7 D25	Tulangan Longitudinal Bawah	4 D25
Tulangan Transversal Sendi Plastis	4 D13 - 150	Tulangan Transversal Luar Sendi Plastis	2 D13 - 150

UKURAN	450 X 650
Sloof	
Tulangan Longitudinal Atas	3 D22
Tulangan Longitudinal Bawah	3 D22
Tulangan Transversal Sendi Plastis	2 D13 - 250

WF 350 x 175 x 7 x 11		
	W = 49,6 kg/m	r = 14 mm
	A = 63,14 cm ²	h = 300 mm
	d = 350 mm	Z _x = 841 cm ³
	bf = 175 mm	I _x = 13600 cm ⁴
	tw = 7 mm	I _y = 984 cm ⁴
	tf = 11 mm	S _x = 775 cm



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Detail
Penulangan
Balok

Skala

1 : 25

No. Lembar

35

Jml. Lembar

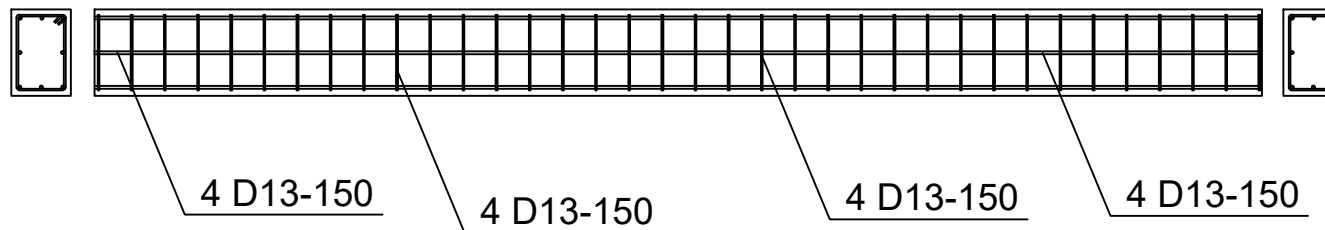
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T

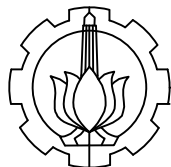
Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



PENULANGAN SLOOF

SKALA 1 : 40



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Detail
Penulangan
Balok Tepi

Skala

1 : 40

No. Lembar

36

Jml. Lembar

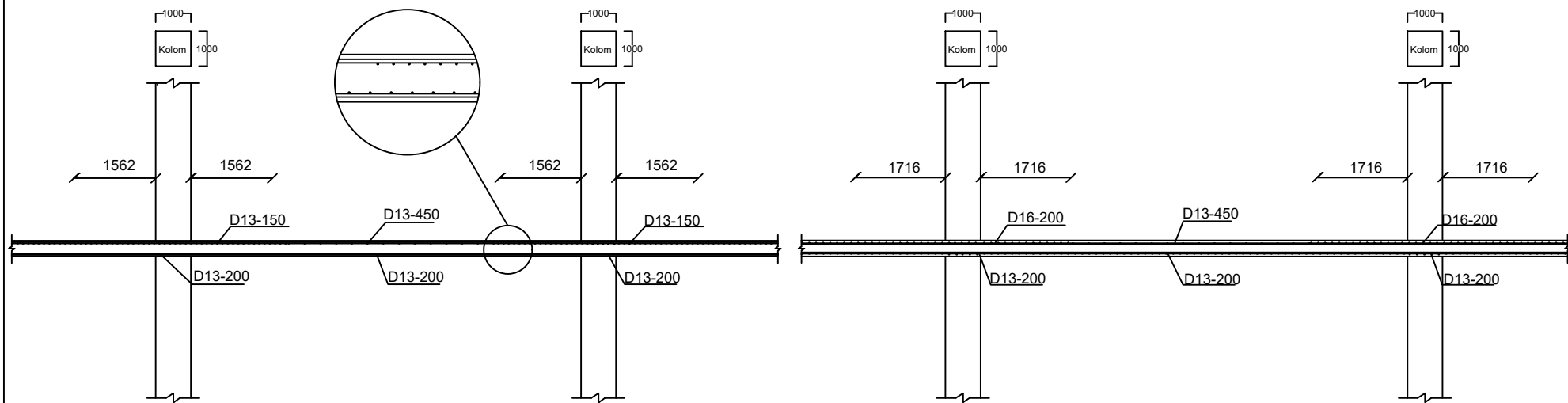
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T.,M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



 **PENULANGAN PELAT JALUR TENGAH ARAH X**
SKALA 1 : 75

 **PENULANGAN PELAT JALUR TENGAH ARAH Y**
SKALA 1 : 75

Lokasi			Mu maksimum	Tulangan tarik yang dipakai		Tulangan Tekan yang dipakai	
Arah	Letak	Posisi					
X	Jalur Kolom	Tumpuan	241840000	Ø	22 100	Ø	16 150
X	Jalur Kolom	Lapangan	43390000	Ø	13 250	Ø	13 450
Y	Jalur Kolom	Tumpuan	240000000	Ø	22 100	Ø	16 200
Y	Jalur Kolom	Lapangan	46450000	Ø	13 250	Ø	13 450
X	Tengah	Tumpuan	72570000	Ø	13 150	Ø	13 450
X	Tengah	Lapangan	52150000	Ø	13 200	Ø	13 450
Y	Tengah	Tumpuan	82490000	Ø	16 200	Ø	13 400
Y	Tengah	Lapangan	48530000	Ø	13 200	Ø	13 450



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar
Penulangan
Pelat

Skala

1 : 75

No. Lembar

32

Jml. Lembar

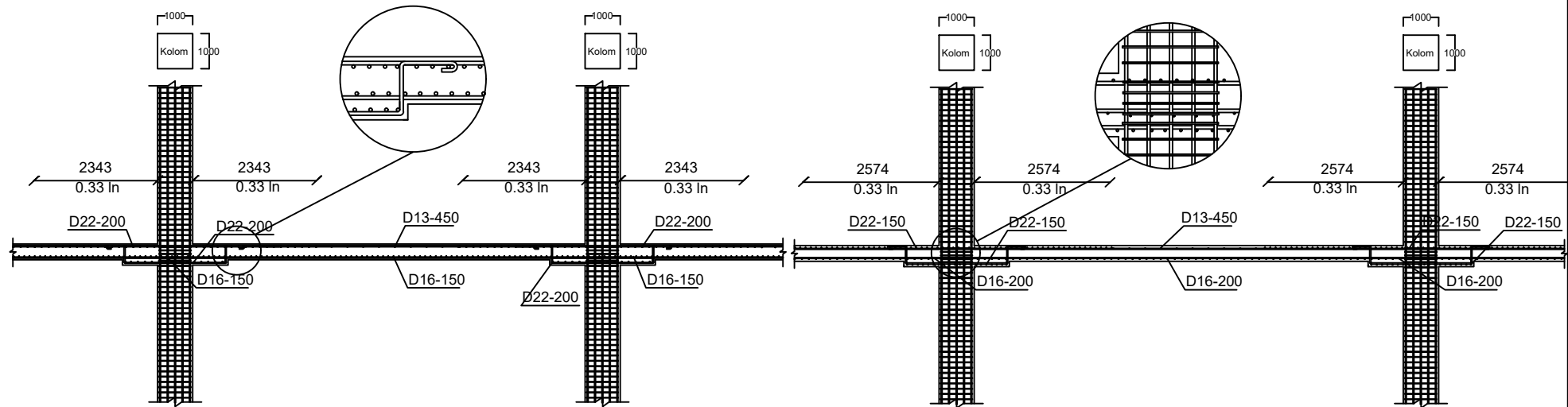
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



 **PENULANGAN PELAT JALUR KOLOM ARAH X**
SKALA 1 : 75

 **PENULANGAN PELAT JALUR KOLOM ARAH Y**
SKALA 1 : 75

Letak drop Panel				
Shearwall	x	d	22	150
	y			150
Kolom	x	d	22	200
	y			150

Lokasi			Mu maksimum	Tulangan tarik yang dipakai		Tulangan Tekan yang dipakai	
Arah	Letak	Posisi					
X	Jalur Kolom	Tumpuan	241840000 Ø	22	100 Ø	16	150
X	Jalur Kolom	Lapangan	433900000 Ø	13	250 Ø	13	450
Y	Jalur Kolom	Tumpuan	240000000 Ø	22	100 Ø	16	200
Y	Jalur Kolom	Lapangan	464500000 Ø	13	250 Ø	13	450
X	Tengah	Tumpuan	725700000 Ø	13	150 Ø	13	450
X	Tengah	Lapangan	521500000 Ø	13	200 Ø	13	450
Y	Tengah	Tumpuan	824900000 Ø	16	200 Ø	13	400
Y	Tengah	Lapangan	485300000 Ø	13	200 Ø	13	450



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar
Penulangan
Pelat

Skala

1 : 75

No. Lembar

33

Jml. Lembar

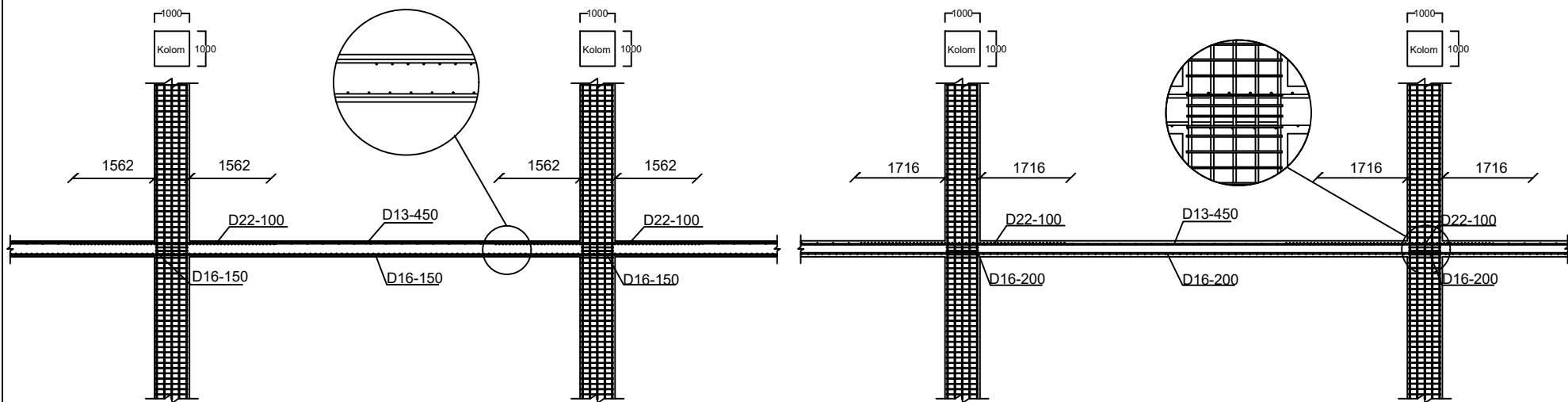
47

Dosen Konsultasi

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



 **PENULANGAN PELAT JALUR KOLOM EKSTERIOR ARAH X**
SKALA 1 : 75

 **PENULANGAN PELAT JALUR KOLOM EKSTERIOR ARAH Y**
SKALA 1 : 75

Lokasi			Mu maksimum	Tulangan tarik yang dipakai		Tulangan Tekan yang dipakai	
Arah	Letak	Posisi					
X	Jalur Kolom	Tumpuan	241840000	Ø 22	100	Ø 16	150
X	Jalur Kolom	Lapangan	43390000	Ø 13	250	Ø 13	450
Y	Jalur Kolom	Tumpuan	240000000	Ø 22	100	Ø 16	200
Y	Jalur Kolom	Lapangan	46450000	Ø 13	250	Ø 13	450
X	Tengah	Tumpuan	72570000	Ø 13	150	Ø 13	450
X	Tengah	Lapangan	52150000	Ø 13	200	Ø 13	450
Y	Tengah	Tumpuan	82490000	Ø 16	200	Ø 13	400
Y	Tengah	Lapangan	48530000	Ø 13	200	Ø 13	450



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Penulangan
Pelat

Skala

1 : 75

No. Lembar

32

Jml. Lembar

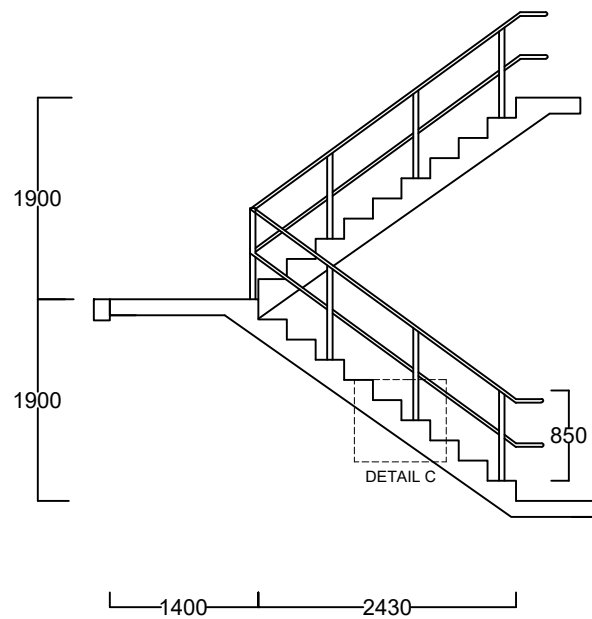
47

Dosen Konsultasi

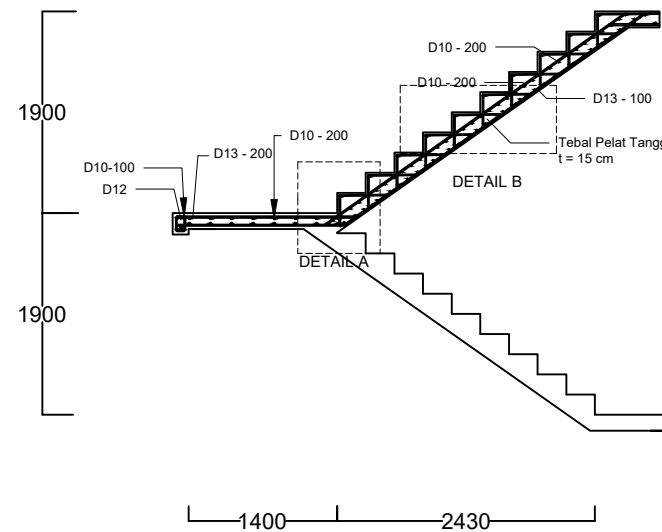
Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138



POTONGAN TANGGA
SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN TANGGA
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Potongan &
Penulangan
Tangga

Skala

1 : 50

No. Lembar

17

Jml. Lembar

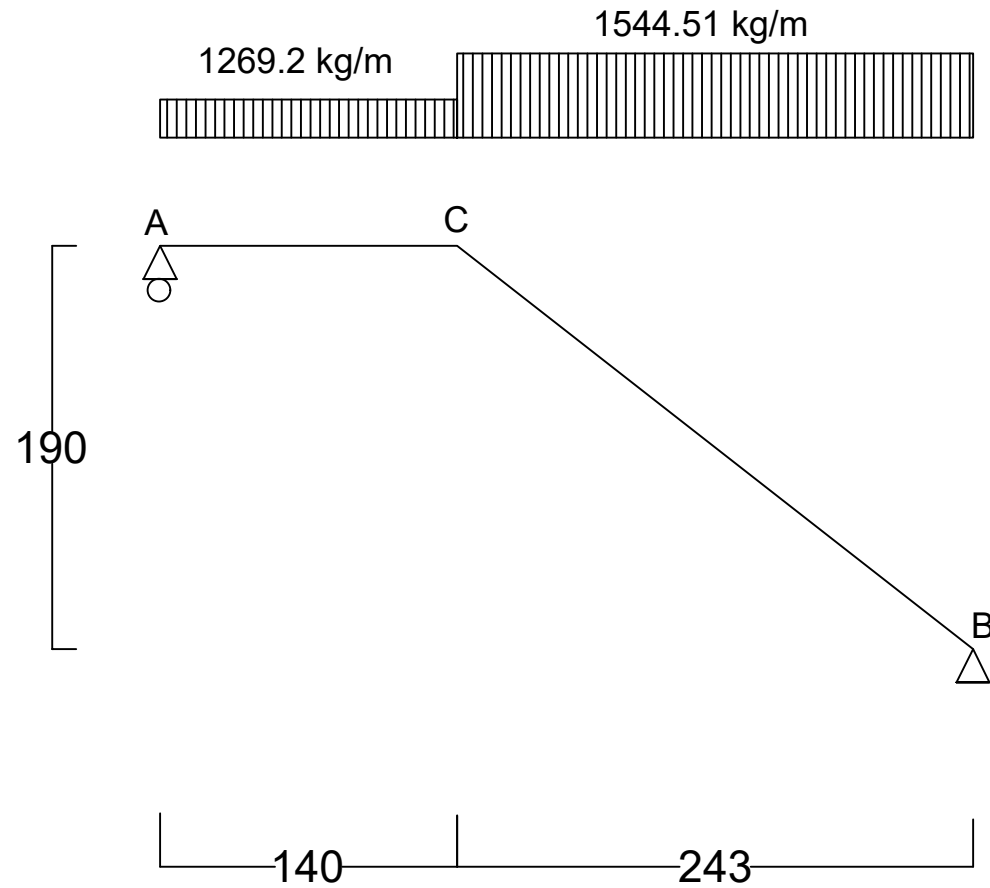
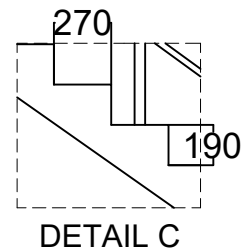
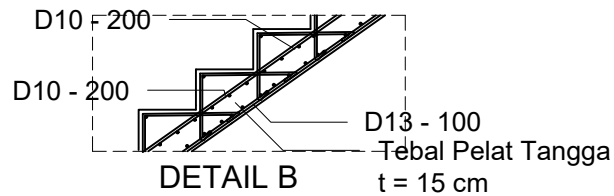
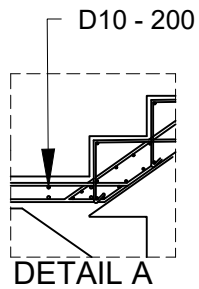
47


Dosen Konsultasi

Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T.

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
0311144000138

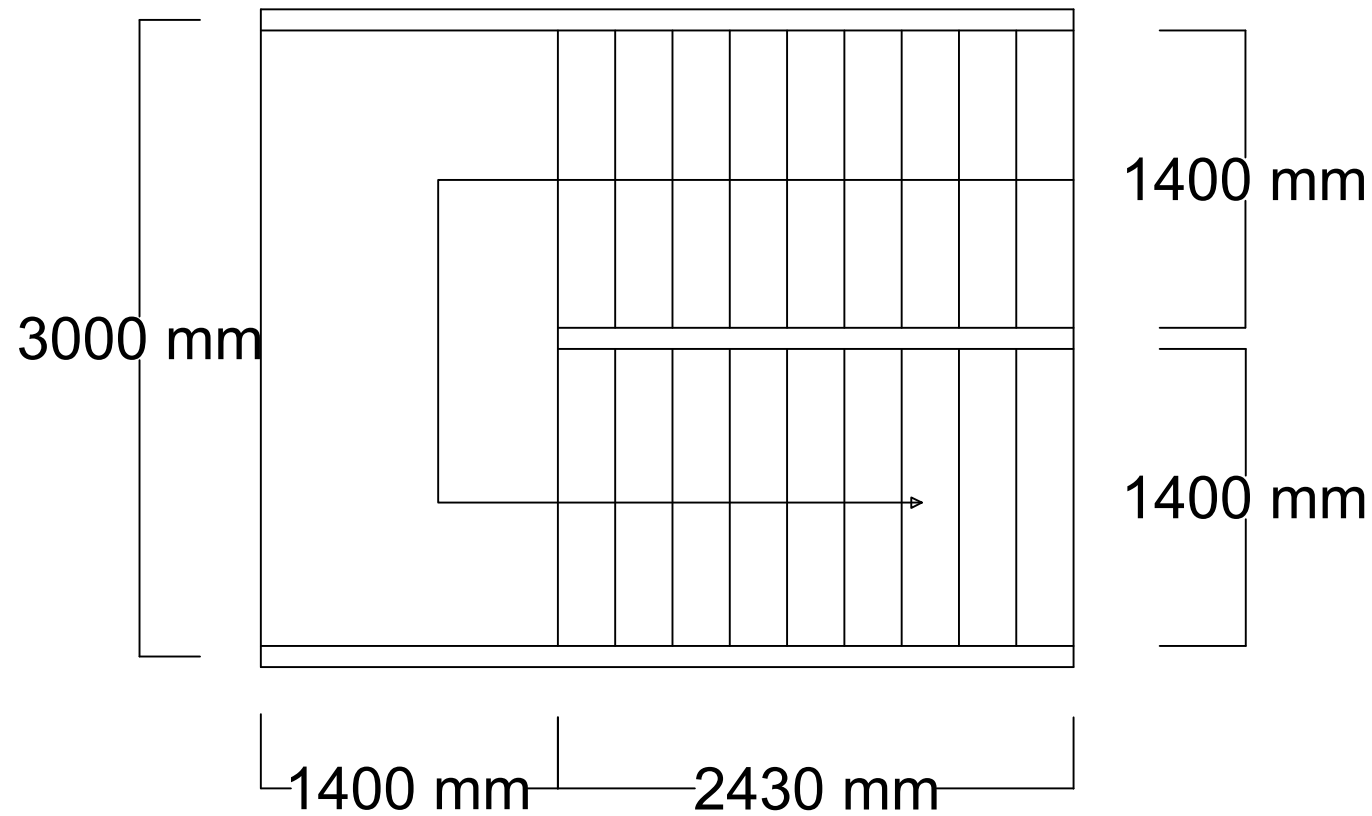


 **PEMBEBANAN TANGGA**
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail & Pembebanan Tangga	1 : 25	18	47	Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T., M.T.	Gregorius Audimas 03111440000138



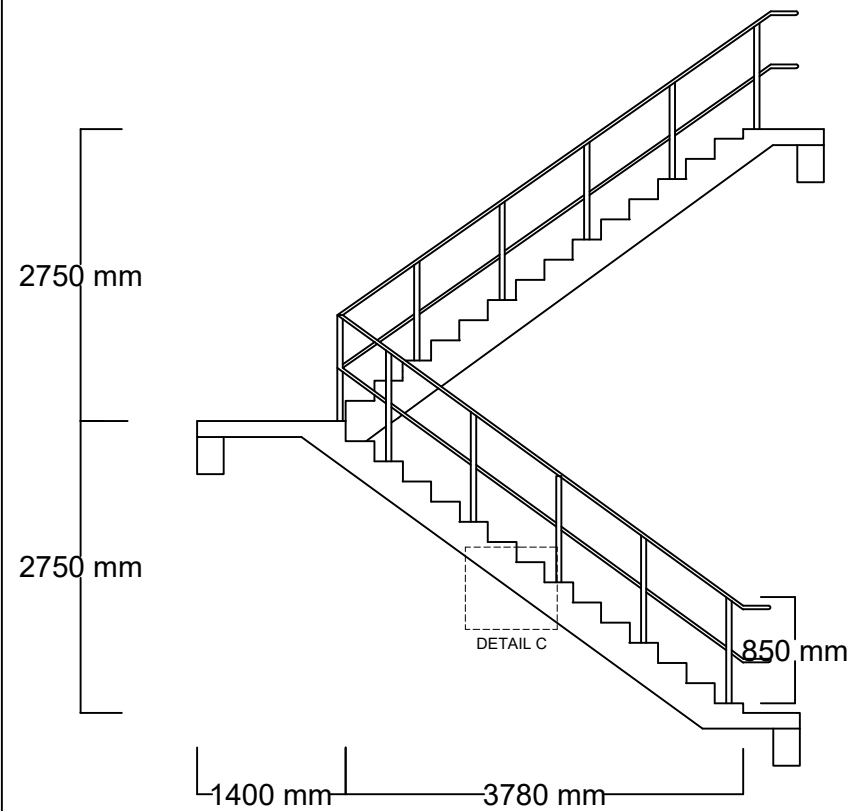
PEMBEBANAN TANGGA

SKALA 1 : 25

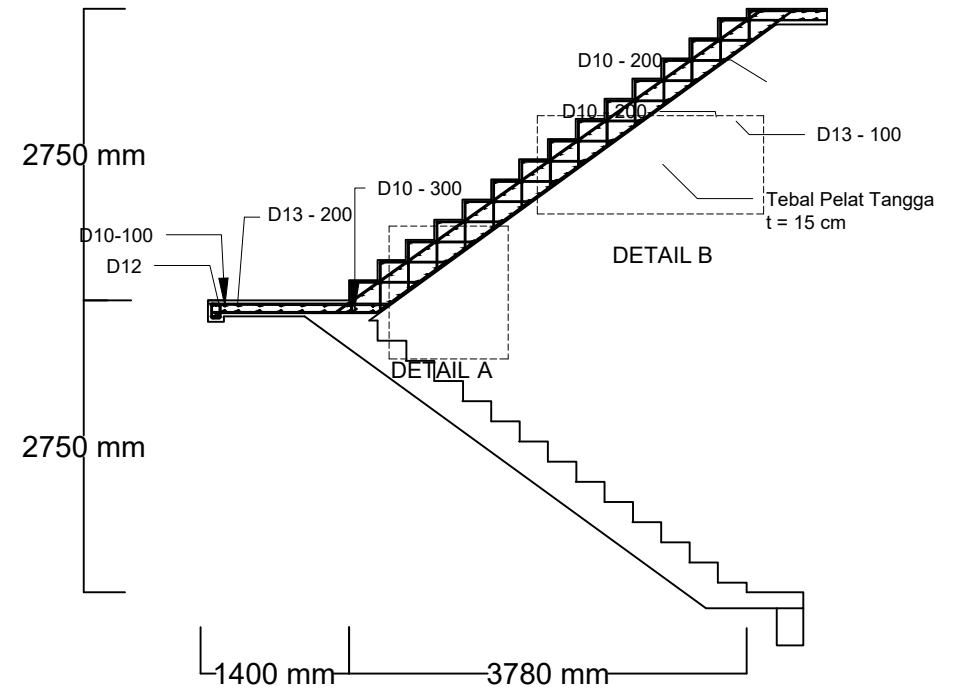


JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail & Pembebanan Tangga	1 : 25	19	47	Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T., M.T.	Gregorius Audimas 03111440000138



POTONGAN TANGGA
SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN TANGGA
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas
Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar
Potongan &
Penulangan
Tangga

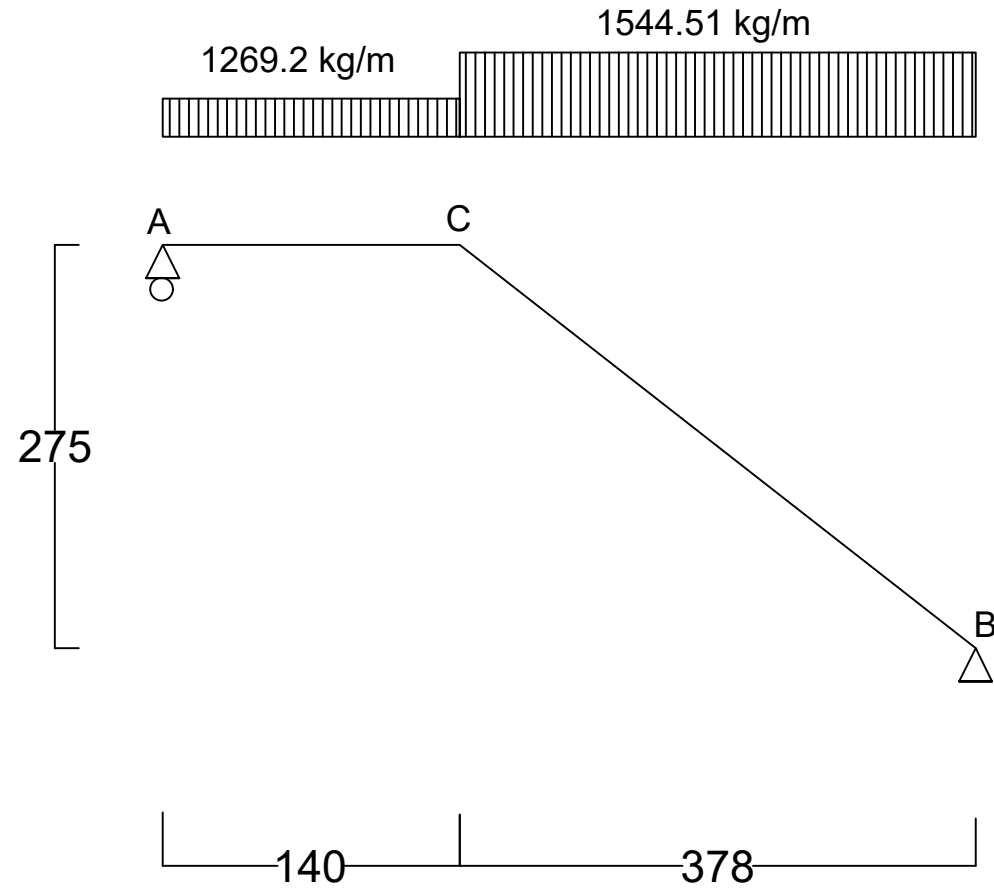
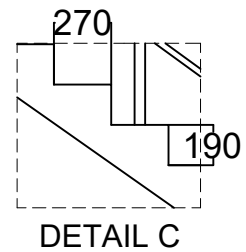
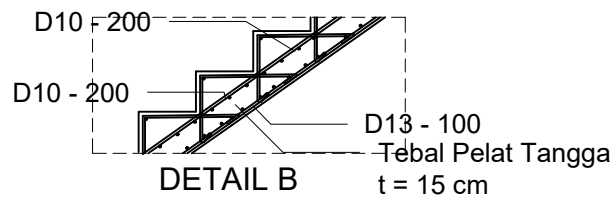
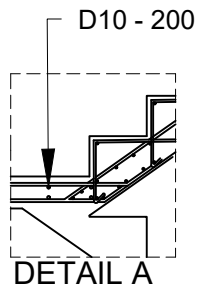
Skala
1 : 50

No. Lembar
20

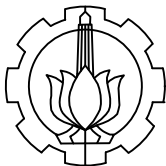
Jml. Lembar
47

Dosen Konsultasi
Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T.

Nama & NRP Mahasiswa
Gregorius Audimas
0311144000138

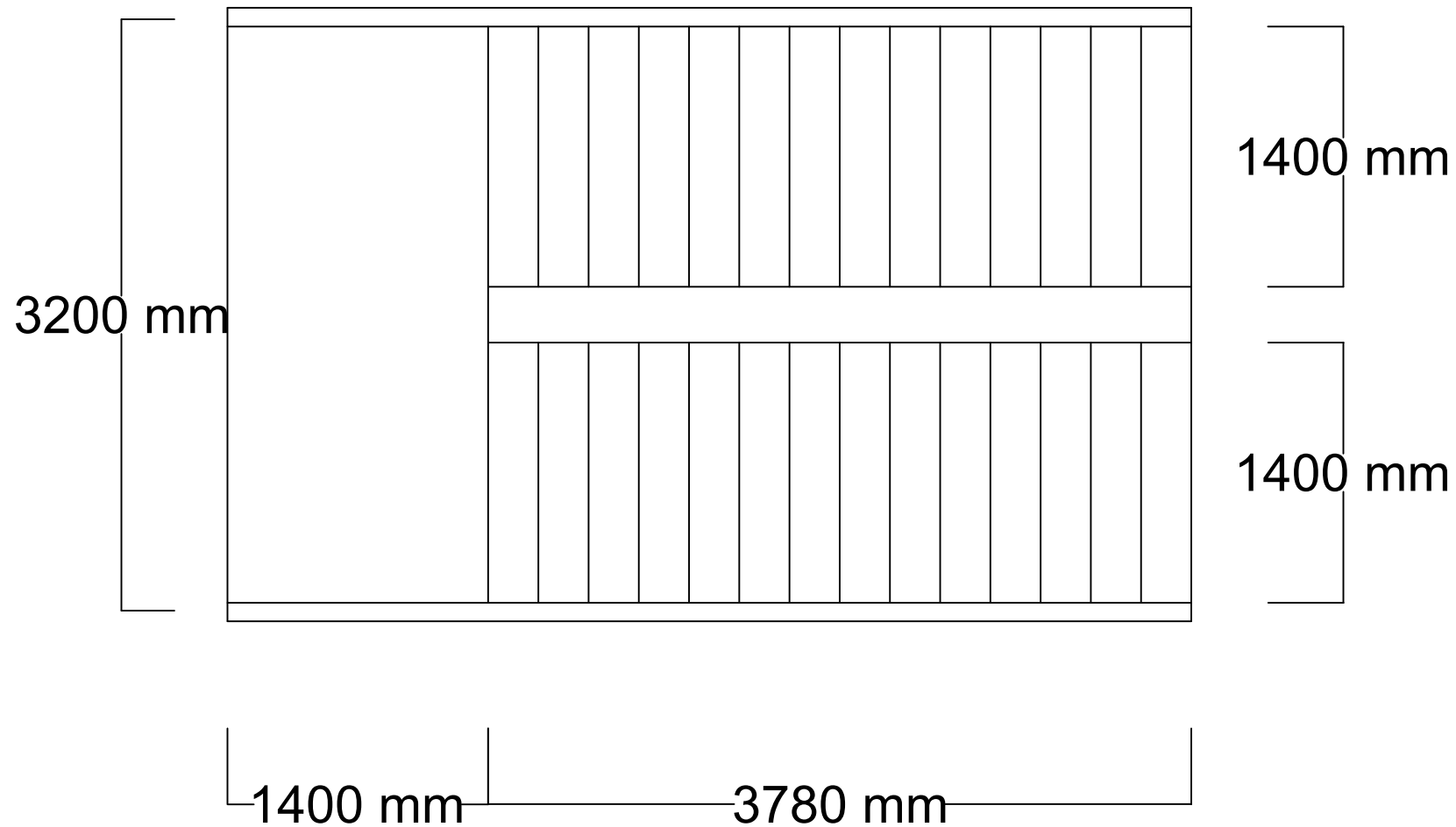


 **PEMBEBANAN TANGGA**
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail & Pembebanan Tangga	1 : 25	21	47	Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T., M.T.	Gregorius Audimas 03111440000138



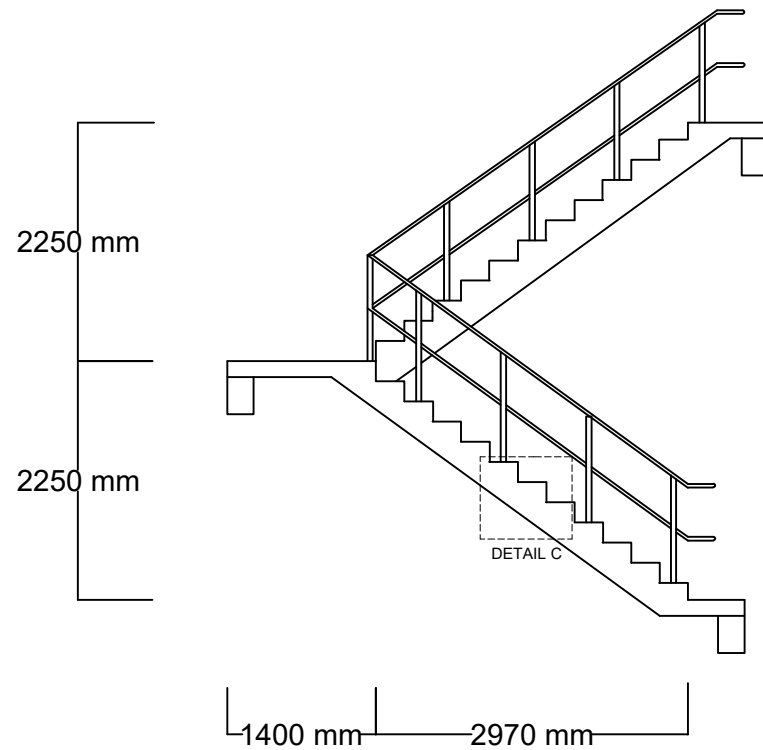
PEMBEBANAN TANGGA

SKALA 1 : 25

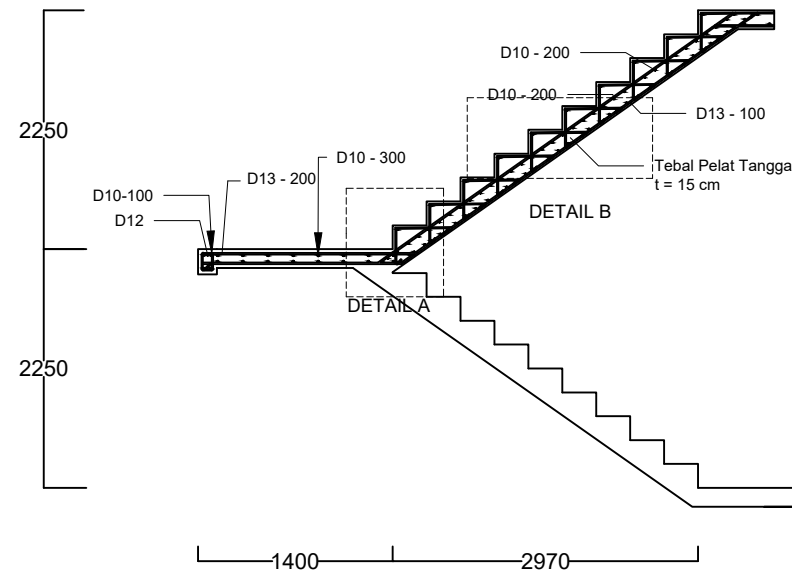


JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail & Pembebanan Tangga	1 : 25	22	47	Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T., M.T.	Gregorius Audimas 0311144000138



POTONGAN TANGGA
SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN TANGGA
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Konsultasi

Nama & NRP Mahasiswa

Tugas Akhir
RC14-1501

Potongan &
Penulangan
Tangga

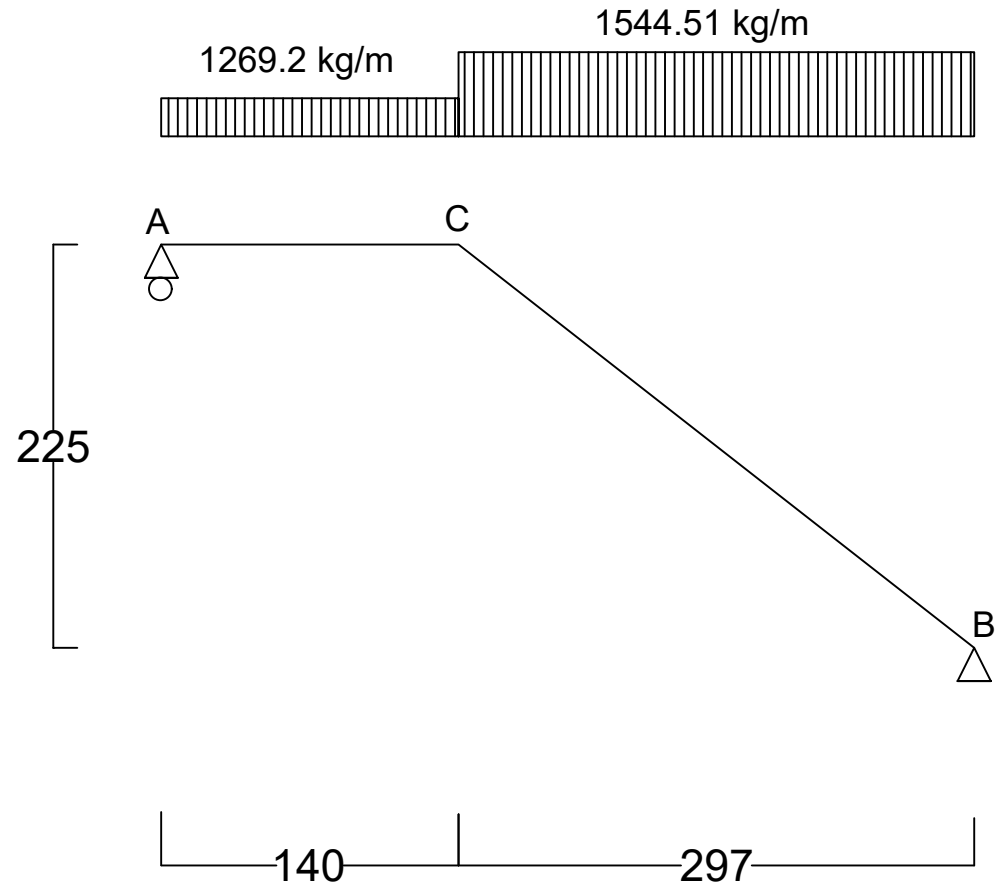
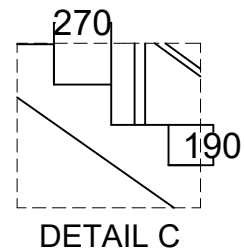
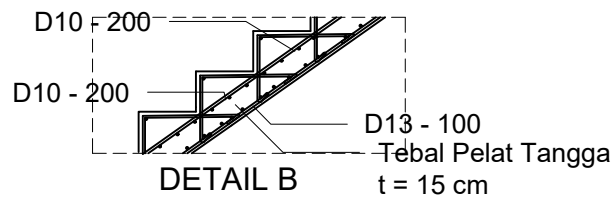
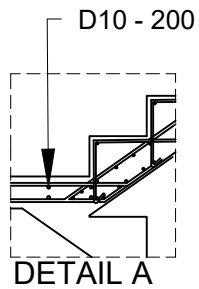
1 : 50

23

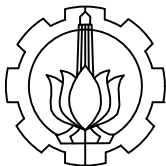
47

Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T.

Gregorius Audimas
03111440000138

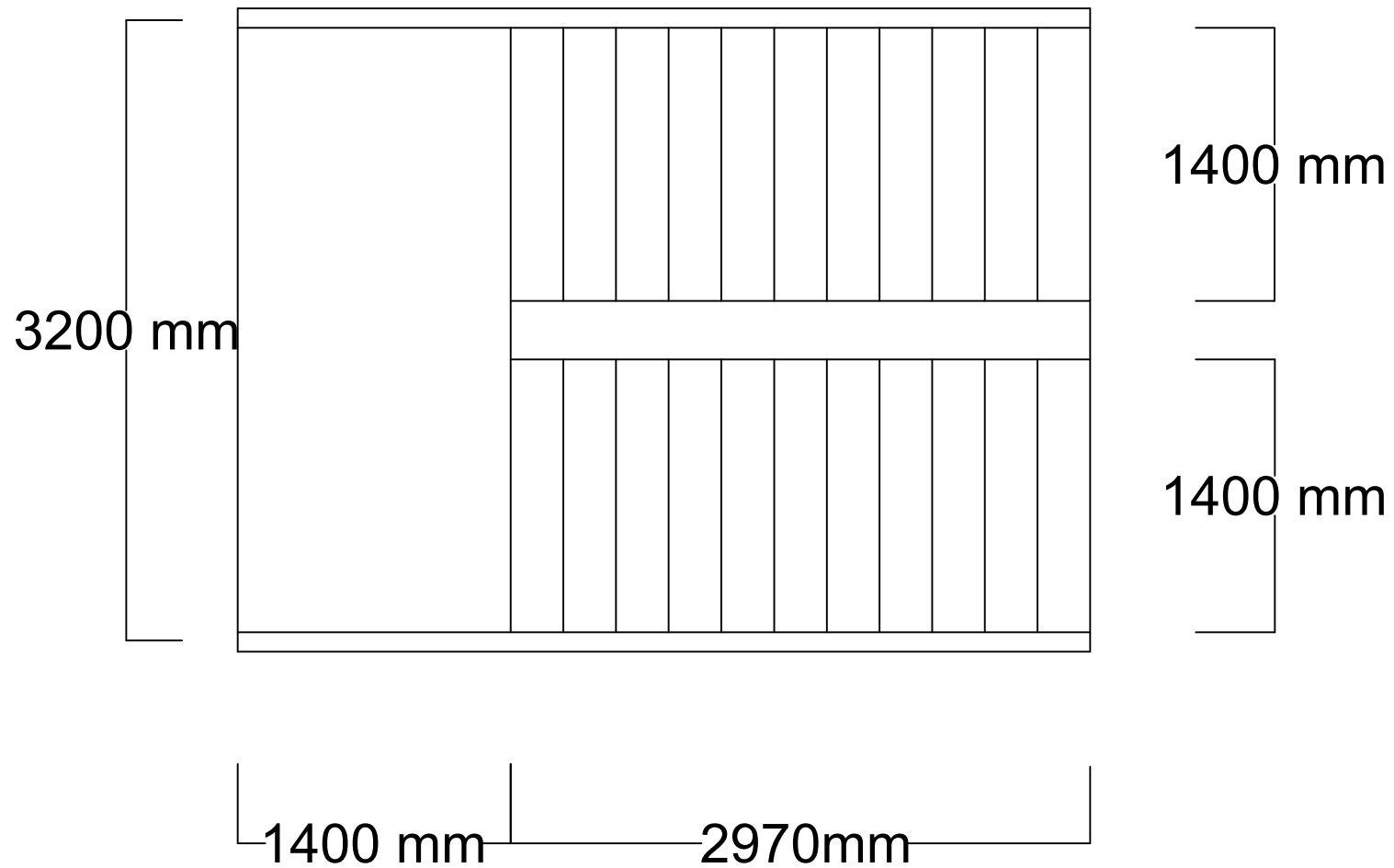


PEMBEBANAN TANGGA
SKALA 1 : 25



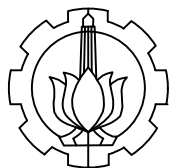
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail & Pembebanan Tangga	1 : 25	24	47	Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T., M.T.	Gregorius Audimas 03111440000138



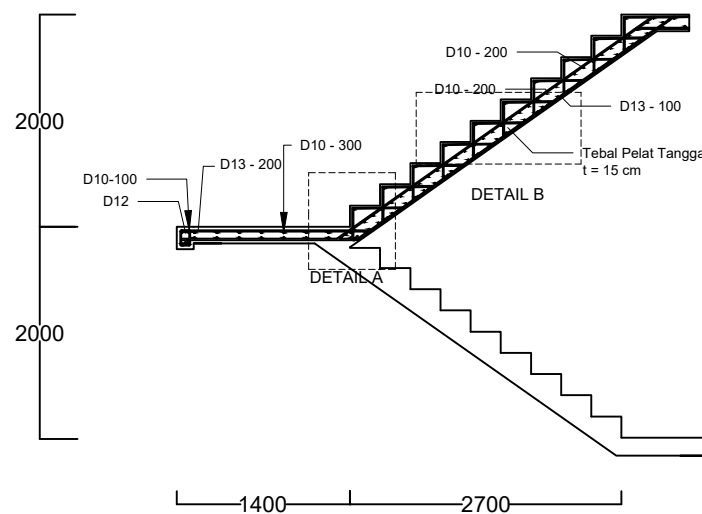
PEMBEBANAN TANGGA

SKALA 1 : 25

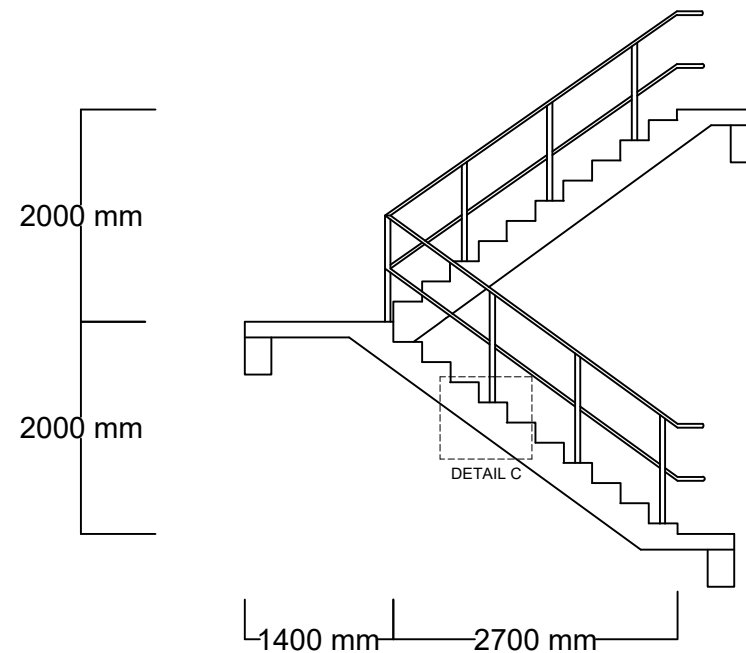


JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

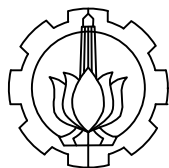
Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail & Pembebanan Tangga	1 : 25	25	47	Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T., M.T.	Gregorius Audimas 0311144000138



POTONGAN TANGGA
SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN TANGGA
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Potongan &
Penulangan
Tangga

Skala

1 : 50

No. Lembar

26

Jml. Lembar

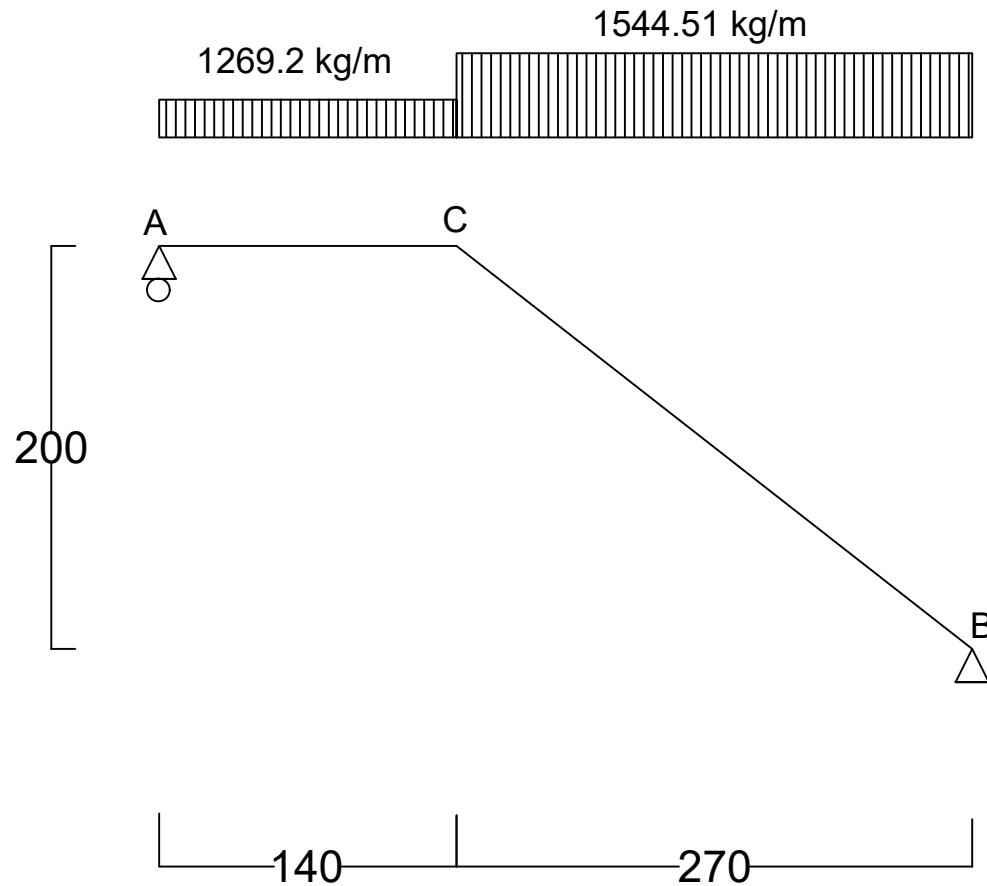
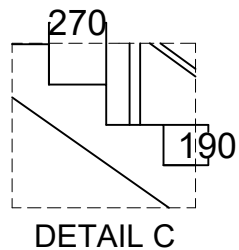
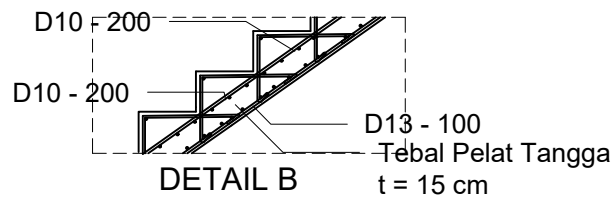
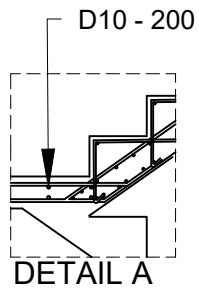
47

Dosen Konsultasi

Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T.

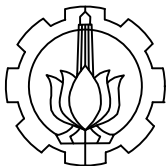
Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
0311144000138



PEMBEBANAN TANGGA

SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Nama Gambar

Skala

No. Lembar

Jml. Lembar

Dosen Konsultasi

Nama & NRP Mahasiswa

Tugas Akhir

Detail
&
Pembelian
Tangga

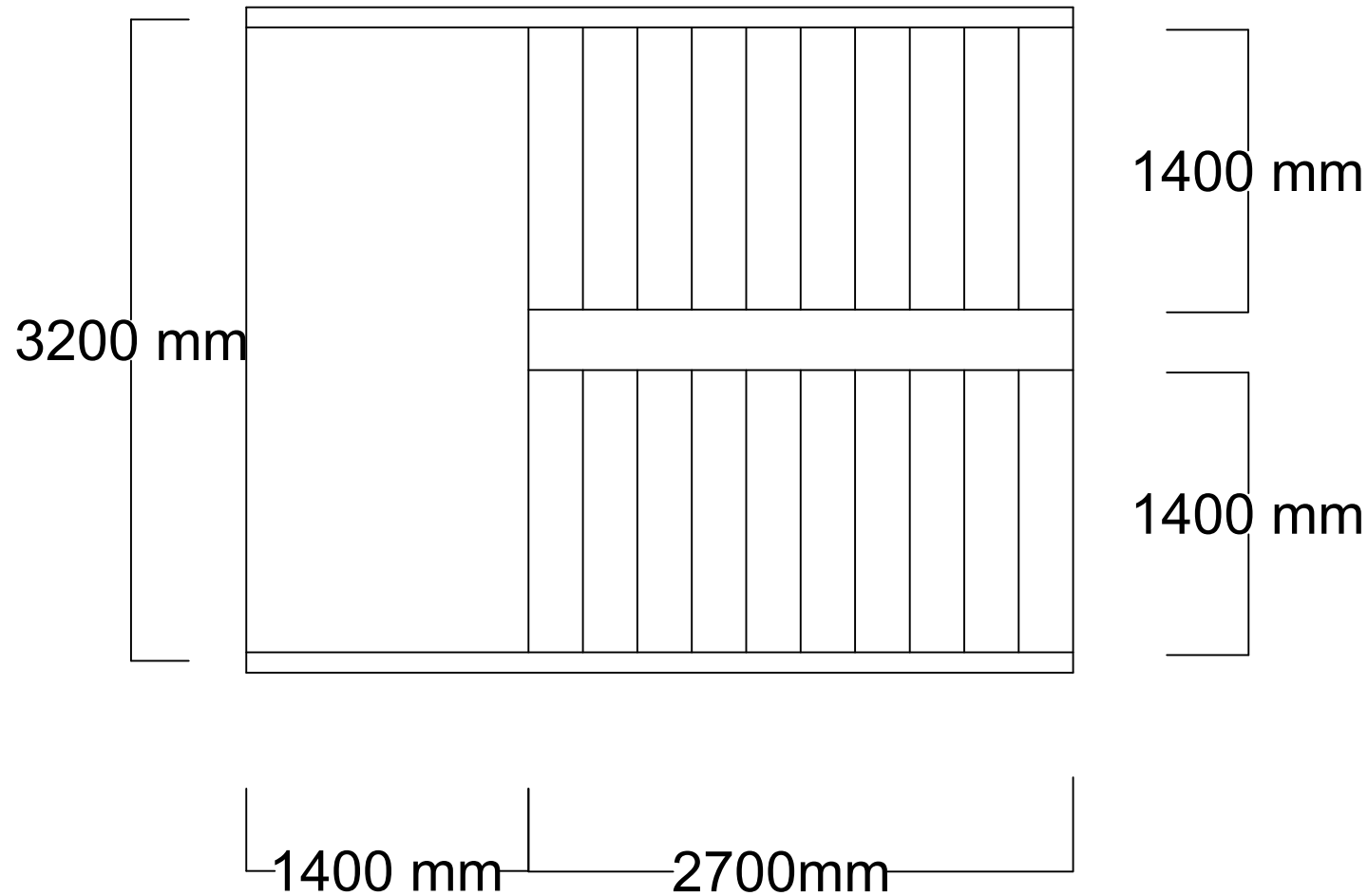
1 : 25

27

47

Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T.

Gregorius Audimas
03111440000138



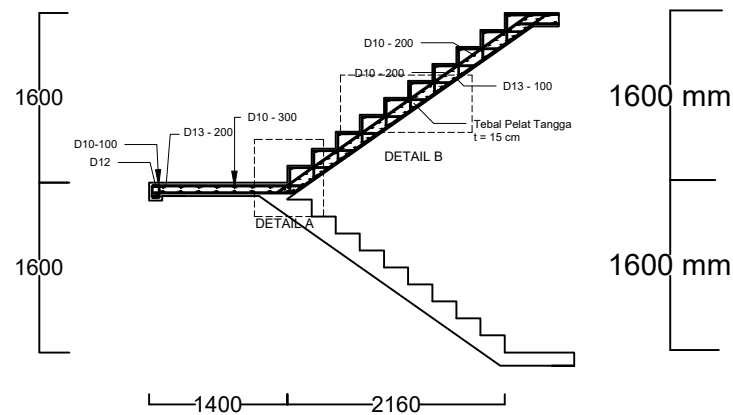
PEMBEBANAN TANGGA

SKALA 1 : 25

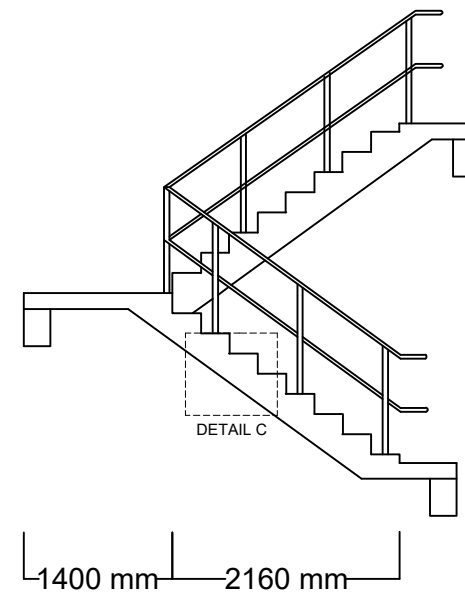


JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail & Pembebanan Tangga	1 : 25	28	47	Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T., M.T.	Gregorius Audimas 03111440000138



 **POTONGAN TANGGA**
SKALA 1 : 50



 **DETAIL PENULANGAN TANGGA**
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas

Tugas Akhir
RC14-1501

Nama Gambar

Potongan &
Penulangan
Tangga

Skala

1 : 50

No. Lembar

29

Jml. Lembar

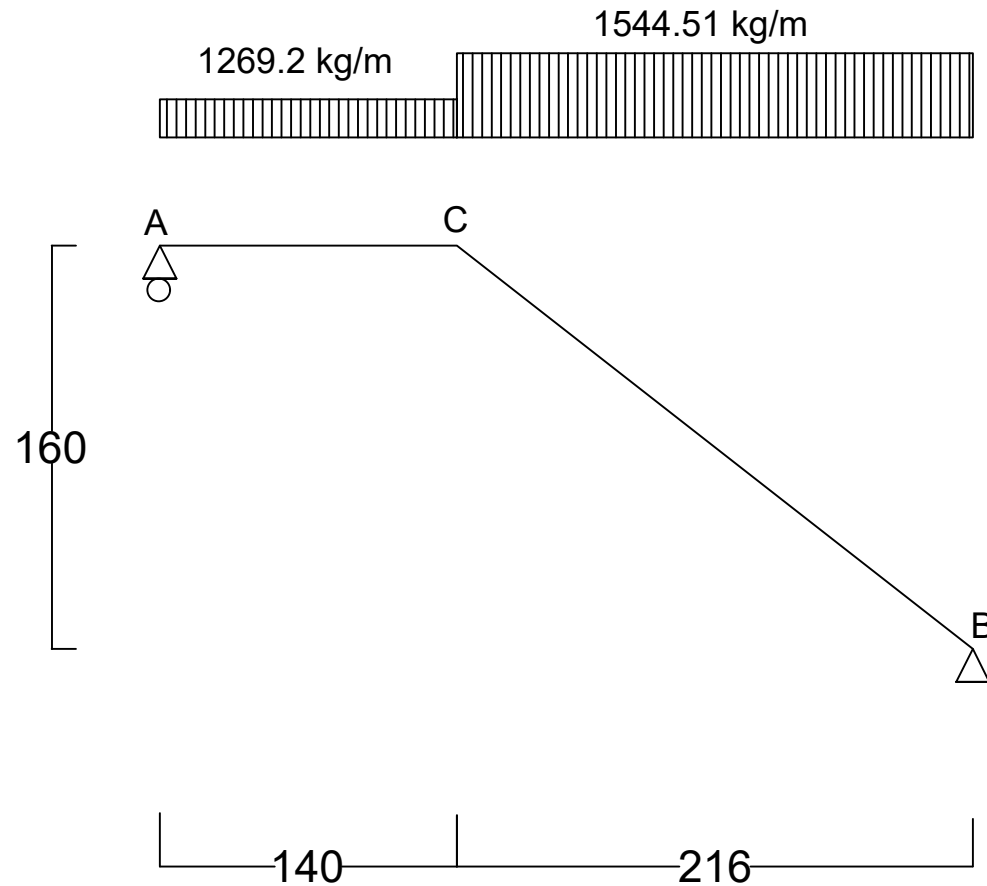
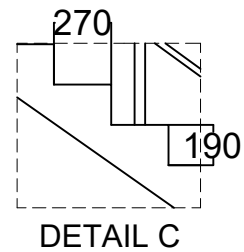
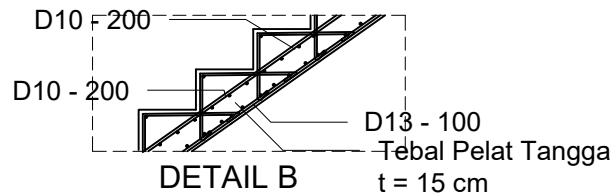
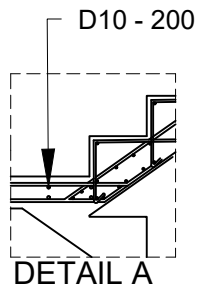
47

Dosen Konsultasi

Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D
Bambang Piscesa, S.T., M.T.

Nama & NRP Mahasiswa

Gregorius Audimas
03111440000138

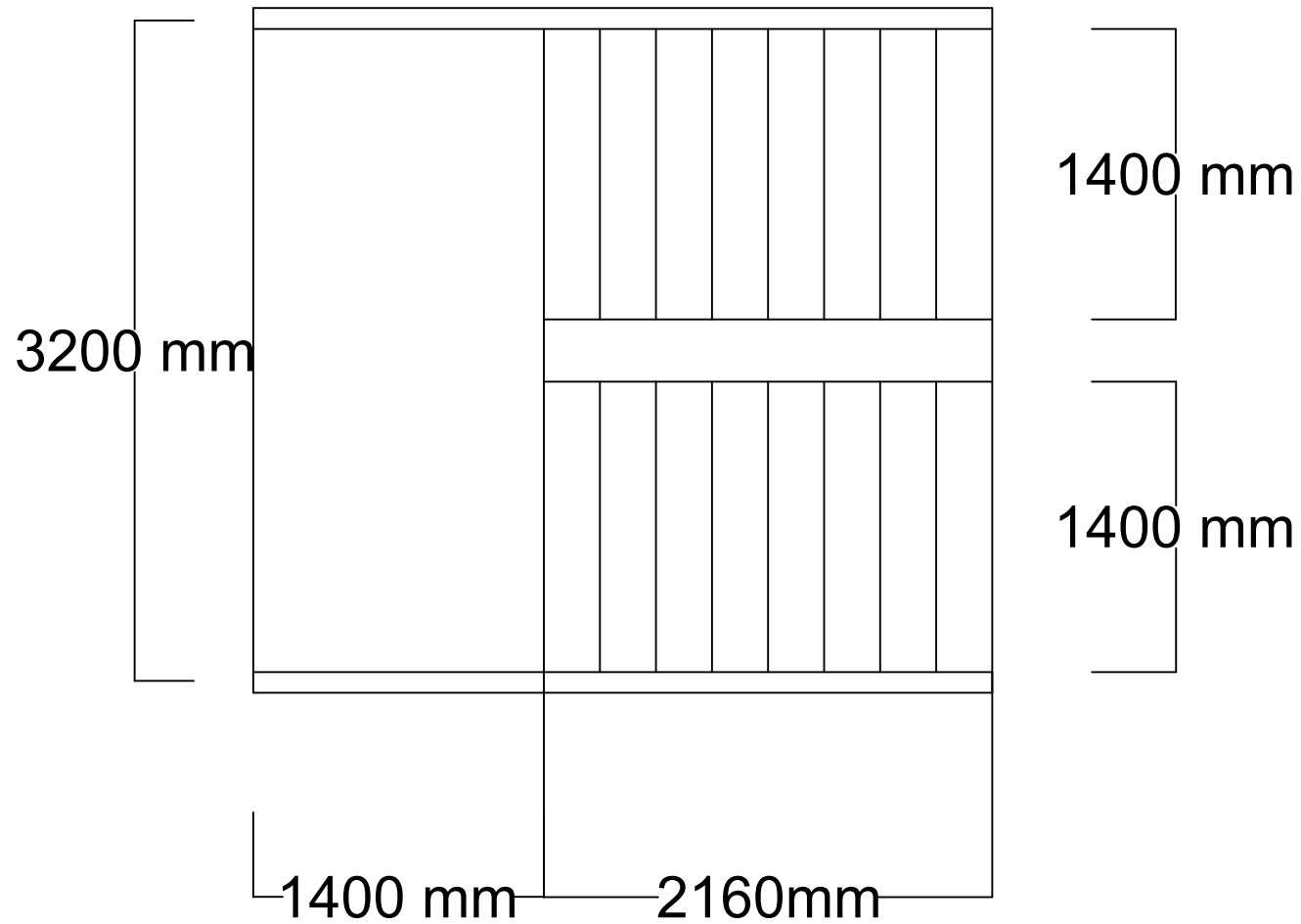


 **PEMBEBANAN TANGGA**
SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail & Pembebanan Tangga	1 : 25	30	47	Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T., M.T.	Gregorius Audimas 03111440000138



PEMBEBANAN TANGGA

SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Nama Tugas	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Konsultasi	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Akhir	Detail & Pembebanan Tangga	1 : 25	31	47	Harun Al Rasyid, S.T., M.T., Ph.D Bambang Piscesa, S.T., M.T.	Gregorius Audimas 03111440000138

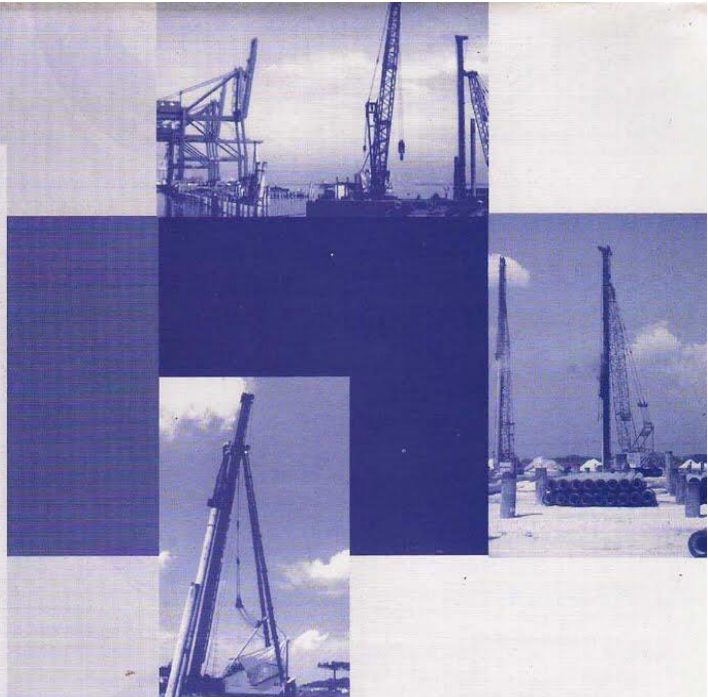
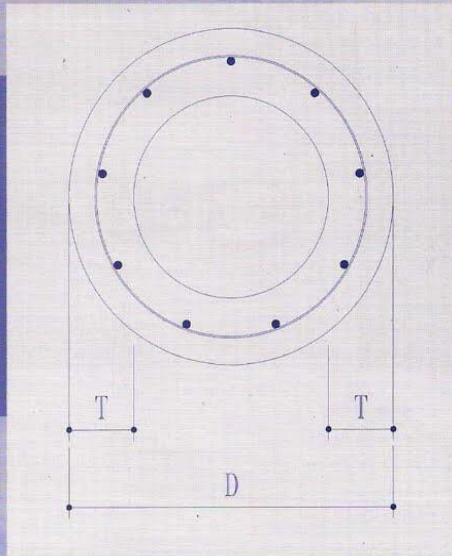


DRILLING LOG

KLIENT	=	PT. PEMBANGKITAN JAWA BALI (PJB)	TIPE BOR	=	ROTARY DRILLING	Remarks.
NAMA PROYEK	=	PEMBANGUNAN CNG PLANT	TANGGAL MULAI	=	02 JANUARI 2013	UD = Undisturb Sample
TITIK BOR	=	BH-1	TANGGAL SELESAI	=	03 JANUARI 2013	CS = Core Sample
MUKA AIR TANAH	=	- 0.6 m	MASTER BOR	=	HARNO	SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK	=	JL. PLTGU Muara Tawar no.1, Bekasi				

Scale in m	Elevation (LWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test					N - Value			
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm							
														15 cm	15 cm	15 cm					
0.00	0.00	START OF BORING																			
1.00	-1.00				LEMPUNG	COKLAT	MEDIUM TO STIFF	SPT = 8			-1.50							8			
2.00	-2.00				LEMPUNG BERKERIKIL						-2.00	SPT 1	8	1	3	5					
3.00	-3.00				LEMPUNG BERLANAU BERPASIR		VERYSOFT TO SOFT	SPT = 2	-2.50	UD 01	-3.00							2			
4.00	-4.00										-3.50										
5.00	-5.00										-4.00	SPT 2	2	0	1	1					
6.00	-6.00				LANAU BERPASIR						-5.50										
7.00	-7.00								-6.00	UD 02	-6.00							2			
8.00	-8.00								-7.50									2			
9.00	-9.00					ABU-ABU	SOFT	SPT = 3 s/d 4	-8.00									2			
10.00	-10.00										-8.50	UD 03	-9.00								
11.00	-11.00										-9.50									3	
12.00	-12.00				LEMPUNG						-10.00	SPT 5	3	1	1	2				3	
13.00	-13.00										-11.50										
14.00	-14.00										-12.00	UD 04	-12.00								3
15.00	-15.00										-13.50										
16.00	-16.00										-14.00										
17.00	-17.00				LEMPUNG BERPASIR		MEDIUM	SPT = 7	-14.50	UD 05	-15.00							4			
18.00	-18.00				PASIR LANAU BERLEMPUNG		MEDIUM	SPT = 7	-15.50									7			
19.00	-19.00					ABU-ABU KECOKLATAN	VERY STIFF	SPT = 16	-16.00												
20.00	-20.00				LEMPUNG						-17.50										16
21.00	-21.00					COKLAT TERANG	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 12 s/d 19	-18.00	UD 06	-18.00										
22.00	-22.00										-19.50										12
23.00	-23.00										-20.00										
24.00	-24.00										-20.50	UD 07	-21.00								19
25.00	-25.00										-21.50										
26.00	-26.00				LEMPUNG BERLANAU						-22.00	SPT 11	19	5	8	11					
27.00	-27.00										-23.50										
28.00	-28.00										-24.00	UD 08	-24.00								15
29.00	-29.00					COKLAT	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 14 s/d 17	-25.50												
30.00	-30.00										-26.00										19
											-26.50	UD 09	-27.00								
									-27.50												
					LANAU BERPASIR				-28.00									14			
									-28.50												
									-29.50												
									-30.00	UD 10	-30.00							17			

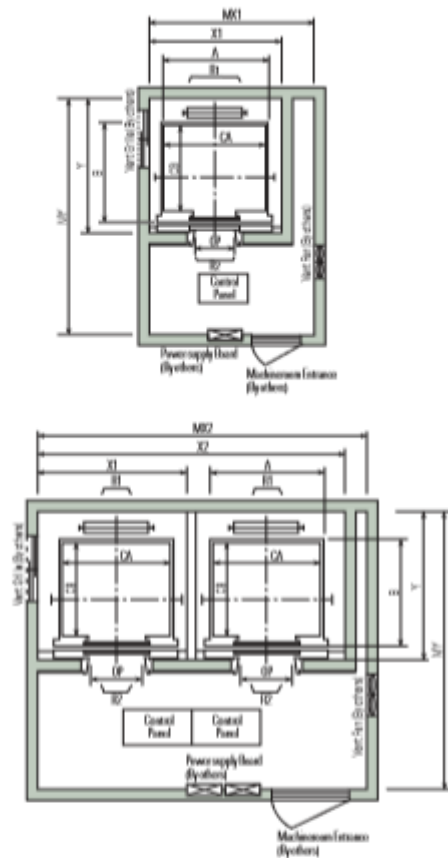
Shape and Dimension



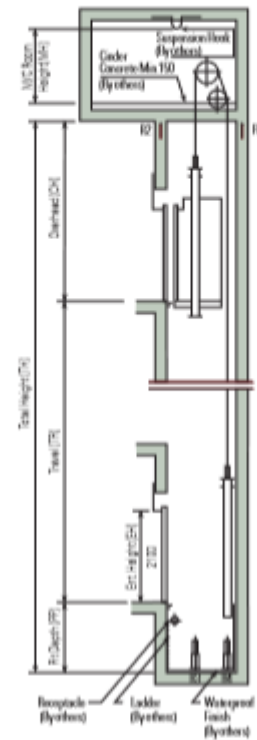
Classification

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (Kg/m)	Length (m)	Bending Moment Crack (Ton.m)	Bending Moment Ultimate (Ton.m)	Allowable Axial Load (Ton)
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Load (kg)	450 ~ 1000		1150 ~ 1600		M/C Room Height (M/H)
	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	
1.0	4200	1300	4200	1600	2200
1.5	4400	1600	4400	1900	2400
1.75	4800	1900	4800	1600	2400
2.0	4700	1900	4700	2000	
2.5	5000	2200	5000	2200	

- Notes:**
1. Above dimensions are applied for car height of 2500mm, for other applicable dimensions, contact us.
 2. In case of requested double isolation pit, machine room height should be increased 200mm.
 3. Machine room temperature should be maintained below 40 °C with ventilating fan and/or air conditions (if necessary) and humidity below 90%.

Standard Dimensions & Reactions

Manufacturer Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)			
	Persons	kg			Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth	R1	R2	R3	R4		
1.0	6	450	2 Panel Center Open	800	CA × CB	A × B	X1	X2	Y	MX1	MX2	MY	R1	R2	R3	R4		
	8	550		800	1400 × 1030	1440 × 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900		
	9	600		800	1400 × 1130	1440 × 1285	1800	3700	1750	2000	4000	3500	4100	2450	6300	5100		
	10	700		800	1400 × 1250	1440 × 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5600		
	11	750		800	1400 × 1350	1440 × 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4350	2800	7100	5600		
1.5	13	900		900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	1950	2300	4400	3750	5100	3750	8100	6300		
	15	1000		900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	2100	2300	4400	3850	5450	4300	8600	6600		
	17	1150		1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	2200	2600	4900	3900	6400	5100	11000	8700		
1.75	20	1350		1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	2050	2800	5250	3800						
	24	1600		1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	2400	2600	4900	4200	7800	6000	12200	9500		
				1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000						
2.0	13	900		1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	2450	2900	5400	4300	8500	6800	13600	10400		
	15	1000			2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200						
	17	1150		900	1600 × 1350	1700 × 1520	2250	4600	2100	2550	4600	4250	12030	6650	9000	7500		
				900	1600 × 1500	1700 × 1670	2250	4600	2250	2550	4600	4250	12800	6950	9600	8000		
				1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700		
2.5	20	1350		1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2450	5000	2100	2950	5400	4650						
				1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	14350	7650	12200	9500		
				1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650						
	24	1600		1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2650	5600	2500	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400		

EN81 Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)			
	Persons	kg			Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth	R1	R2	R3	R4		
1.0	6	450	2 Panel Center Open	700	1100 × 1100	1160 × 1250	1550	3200	1700	1800	3500	3450	3400	2000	5400	4500		
				800	1400 × 850	1440 × 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200						
				800	1400 × 1030	1440 × 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900		
				800	1400 × 1100	1440 × 1235	1800	3700	1700	2000	4000	3450	4150	2450	6300	5100		
				800	1400 × 1250	1440 × 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5600		
1.5	8	700		800	1400 × 1350	1440 × 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4350	2800	7100	5600		
				10	800	900	1600 × 1300	1660 × 1455	2050	4200	1900	2300	4400	3700	5100	3750	8100	6300
				12	900	1000	1600 × 1400	1660 × 1555	2050	4200	2000	2300	4400	3700	4500	4300	8600	6600
1.75	15	1150		1000	1800 × 1400	1900 × 1570	2350	4800	2100	2600	4900	3800						
				1100	2000 × 1300	2100 × 1470	2550	5200	2000	2800	5250	3750	4400	5100	11000	8700		
				1000	1800 × 1650	1900 × 1820	2350	4800	2350	2600	4900	4150	7800	6000	12200	9500		
2.0	18	1350		1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000						
				1100	2000 × 1700	2100 × 1870	2550	5200	2400	2900	5400	4250	8500	6800	13600	10400		
				2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200							
				800	1400 × 1350	1500 × 1520	2050	4200	2100	2350	4200	4100	10500	6400	8200	7300		
				900	1600 × 1300	1700 × 1470	2250	4600	2050	2550	4400	4050	12030	6650	9000	7500		
2.5	13	1000		900	1600 × 1400	1700 × 1570	2250	4600	2150	2550	4600	4150	12800	6950	9600	8000		
				1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700		
				1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2450	5400	2100	2950	5400	4650						
				1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	14350	7650	12200	9500		
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650							
2.5	21	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2650	5600	2500	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400			
			2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5800	2350	3100	5700	4800								

BIODATA PENULIS

Gregorius Audimas



Penulis dilahirkan di Jakarta, 11 Febuari 1996, merupakan anak ke-4 dari pasangan suami istri Edy Hariutomo dan K.I Oentarsih. Tumbuh dan berkembang di keluarga yang selalu mengajarkan untuk tidak menyerah dengan apapun permasalahan yang ada dan terus berjuang untuk mencapai cita-cita. Penulis telah menempuh pendidiakan formal di TK

Mutiara Indah Jakarta, SD Tarakanita 5, SMP Tarakanita 4, SMAN 81 Jakarta tahun 2014, kemudian melanjutkan studinya di S1 Teknik Sipil FTSP-ITS dan terdaftar dengan NRP 03111440000138. Di S1 Teknik SIpil FTSP ITS penulis mengambil bidang studi struktur gedung. Penulis selama menempuh Pendidikan di S1 Teknik Sipil ITS aktif mengikuti beberapa kegiatan baik itu seminar, kepanitiaan maupun pengurus Himpunan.

Contact Person:

Email :audimasgregorius@gmail.com

Hp :081908449595